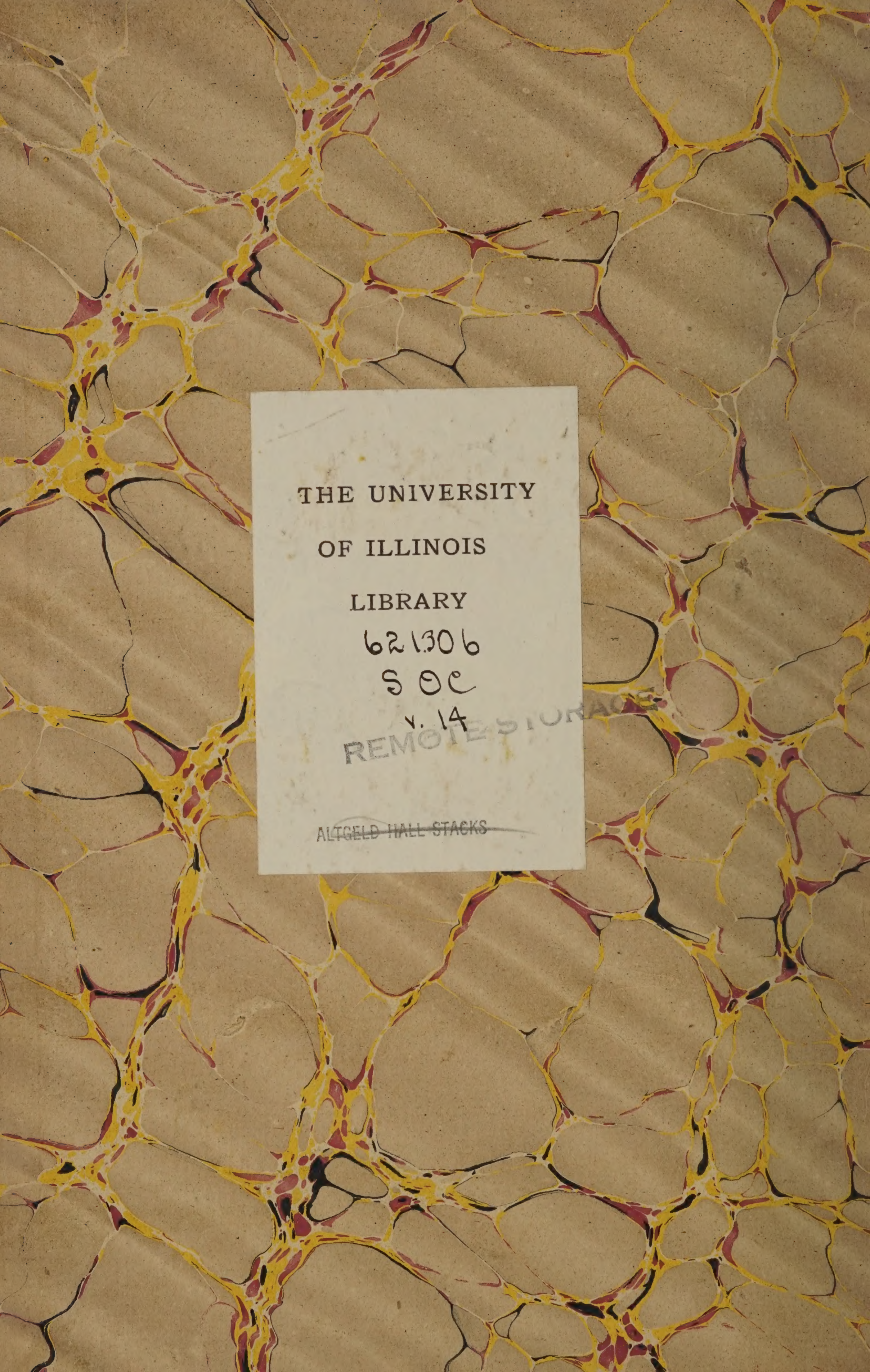



THE UNIVERSITY
OF ILLINOIS
LIBRARY
621.306
S OC
v. 14
REMOTE STORAGE
ALTGELD HALL STACKS



BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS A ÉTÉ RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE LE 7 DÉCEMBRE 1886.

TOME XIV. — ANNÉE 1897.



SIÈGE SOCIAL : 44, rue de Rennes.
LABORATOIRE : 12, rue de Staël,
à Paris.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1897

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 6 janvier 1897 (1).

Présidence de M. G. SCIAMA.

La séance est ouverte à $8^h 20^m$ soir.

M. le Président. — « Messieurs, j'ai l'honneur de vous présenter M. Marks, le distingué Ingénieur américain, Électricien en chef de

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

l'*Electric arc lighting Company*, qui s'est signalé par ses très intéressantes recherches sur l'arc voltaïque en vase clos.

» M. Marks est arrivé aux résultats les plus curieux, qui ont pu se transformer en procédés industriels déjà très en faveur de l'autre côté de l'Atlantique.

» Il a bien voulu venir nous exposer ses travaux et sa Communication fera l'objet d'une séance extraordinaire qui aura lieu le 20 janvier prochain. Je suis heureux de pouvoir dès aujourd'hui lui souhaiter la bienvenue en votre nom et le remercier par avance.

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

M. le Président fait part du décès de MM. *E. du Bois-Reymond* et *H. Pelletier*, Membres fondateurs de la Société.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque de la Société (*voir* p. 96) et de la donation, pour l'École supérieure d'Électricité, d'un *autocopiste*, par M. F. Loppé.

Les demandes d'admission suivantes sont soumises à la Réunion, qui prononce l'admission comme Membres titulaires de

MM.

Barbet, ancien Ingénieur en Chef de la *Société des anciens Établissements Cail*, 4, cité de Londres, à Paris. — Présenté par MM. G. Sciama et A. Hillairet.

Bertrand (Émile-Louis), Ingénieur du matériel de la *Compagnie française des voies ferrées économiques*, 117, avenue de Clichy, à Paris. — Présenté par MM. G. Sciama et D. Korda.

Bouchet (Maurice-René), Ingénieur des Arts et Manufactures, 22, rue Alphonse-de-Neuville, à Paris. — Présenté par MM. F. Loppé et Ch. Andry-Bourgeois.

Colin (Louis-Victor), Ingénieur, Membre du Conseil de gérance de la *Société du Familistère de Guise*, à Guise (Aisne). — Présenté par MM. E.-H. Cadiot et A. Hillairet.

Filleul-Brohy (Georges), Directeur-Associé de la *Maison Houry et Cie*, 60, rue de Provence, à Paris. — Présenté par MM. Ch. Mildé et Ed. Vedovelli.

Mathieu, Constructeur électricien, 117, boulevard de la Villette, à Paris. — Présenté par MM. C. Vuilleumier et C. Tainturier.

Schwarberg (Eugène-Gustave), Ingénieur, Directeur de la *Compagnie Électro-Mécanique*, 11, avenue Trudaine, à Paris. — Présenté par MM. A. Vernes et H. Chaussenot.

Sordoillet (Pierre), Ingénieur à la Société *l'Éclairage Électrique*, 9, rue Edgar-Quinet, à Montrouge (Seine). — Présenté par MM. A. Durand et F. Laporte.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

VOITURE ÉLECTRIQUE.

M. L. Krieger. — « Messieurs, au moment où la discussion de la traction mécanique dans Paris est à l'ordre du jour de notre Société, il m'a paru intéressant de vous signaler quelques travaux qu'il m'a été donné de faire depuis trois ans dans la voie de l'automobilisme électrique.

» L'automobilisme est, en effet, tout à fait à la mode et de toutes parts on se préoccupe de la substitution de la traction mécanique à la traction animale, même pour les voitures sur route et, en particulier, pour les fiacres circulant sur les voies publiques urbaines.

» Il est hors de doute que la traction électrique est, pour ce mode de transport, celle qui paraît être la plus avantageuse, tant au point de vue économique qu'au point de vue de la sécurité, de la commodité et je dirais presque de la salubrité publique.

» Mais dans ce problème du fiacre électrique, nous ne jouissons malheureusement pas des avantages si considérables réservés à nos confrères de la traction sur rails. Alors qu'il est, dans ce dernier cas, possible d'envoyer à l'appareil d'utilisation, sans intermédiaires, le courant produit aux usines centrales par des machines puissantes et économiques, nous sommes, nous, obligés d'avoir recours à un intermédiaire. Cet intermédiaire est lourd, dispendieux, délicat et fragile : c'est l'accumulateur. Je passe sous silence la question des piles primaires, car ces dernières ne sont pas encore, à mon avis, dans les réactions et les dispositions qu'elles présentent, susceptibles de donner une solution.

» Puisque nous ne pouvons nous passer d'accumulateurs, j'ai cherché à réduire au minimum le poids d'accumulateurs qu'il était nécessaire d'emporter sur une voiture donnée pour lui faire effectuer un nombre de kilomètres suffisants.

» Il faut, pour cela, une chose essentielle : c'est d'avoir un rendement élevé des bornes des accumulateurs à la jante des roues motrices. Il faut, de plus, qu'en rampe ce rendement baisse le moins possible et même qu'il tende à augmenter avec la puissance demandée au moteur. Pour arriver à ce résultat, j'ai combiné, aidé en

cela par mon ami, M. Rechniewski, des moteurs aussi légers, aussi robustes que possible et dont le rendement, même à faible vitesse, fût toujours voisin de 90 pour 100.

» De plus, j'ai transmis aux roues motrices le mouvement à l'aide d'un seul train d'engrenages dont les cercles primitifs ont un rapport égal à 10. C'est la transmission de mouvement la plus simple qu'on puisse imaginer et elle donne d'excellents résultats. Elle permet, avec une perte très faible dans la transmission, de donner cependant au moteur une vitesse angulaire suffisante pour obtenir simultanément la légèreté et le rendement élevé.

» J'ai adopté de plus la traction par l'avant-train, qui présente de multiples avantages, entre autres ceux de pouvoir séparer entièrement la partie machine de la partie carrosserie et de donner à la voiture une sécurité de direction que ne possèdent pas les voitures mues par l'arrière. Cette traction par l'avant-train permet aussi, dans certains cas, la transformation facile d'une voiture déjà existante en automobile.

» L'avant-train est en même temps moteur et directeur, et pour le diriger on peut employer différents moyens :

» Soit une direction purement mécanique, à l'aide d'un procédé connu quelconque; soit purement électrique, par l'emploi d'un servo-moteur que je vais vous décrire; soit, enfin, la combinaison de ces deux modes de direction.

» Quel que soit le moyen employé, la voiture ayant un avant-train moteur suit toujours rigoureusement la direction que celui-ci lui a imprimée.

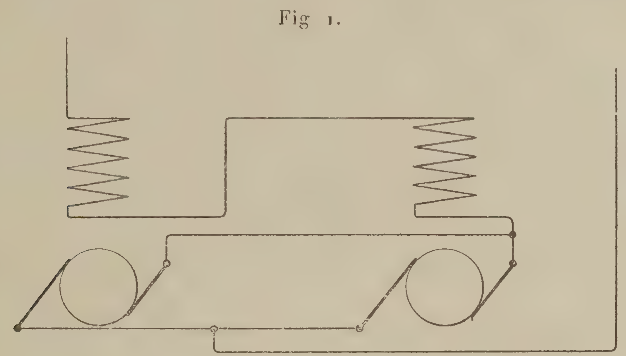
» Lorsque la voiture marche en ligne droite, il est indispensable d'assurer aux roues motrices des vitesses respectives égales, dans le but d'éviter les chocs et les efforts à la direction, si elle se fait mécaniquement. Si la direction est électrique, cette condition évite la déviation de la ligne droite, qui se produirait si le ralentissement provoqué par un obstacle opposé à une roue ne se faisait sentir sur l'autre roue.

» C'est à quoi je suis arrivé en constituant pour les deux moteurs un montage électrique tel que la différence de potentiel aux bornes des induits soit la même pour chacun d'eux, ainsi que le champ magnétique inducteur.

» Dans ce cas, en effet, les moteurs tournent à la même vitesse, quelles que soient leurs charges respectives.

» Cet effet est obtenu en groupant les inducteurs d'un des moteurs en série avec les inducteurs de l'autre, et le tout en série avec les deux induits montés l'un par rapport à l'autre en parallèle (*fig.* 1).

Fig 1.



» Lorsqu'on emploie la direction électrique, les deux induits étant en parallèle, il suffit de mettre en court circuit l'induit correspondant à la roue qui doit se trouver dans l'intérieur de la courbe, pour que l'avant-train s'incline du côté où l'on tend à diriger la voiture.

» Cette mise en court circuit est réglée par l'appareil servo-moteur, qui se compose essentiellement de quatre plots [*a*], [*b*], [*c*], [*d*] (*fig.* 2), disposés en deux couronnes concentriques :

» Le plot [*a*] prend un peu plus d'une demi-circonférence et le plot [*b*] un peu moins.

» [*a*] est réuni à l'un des pôles de la batterie,

» [*b*] au pôle commun des induits,

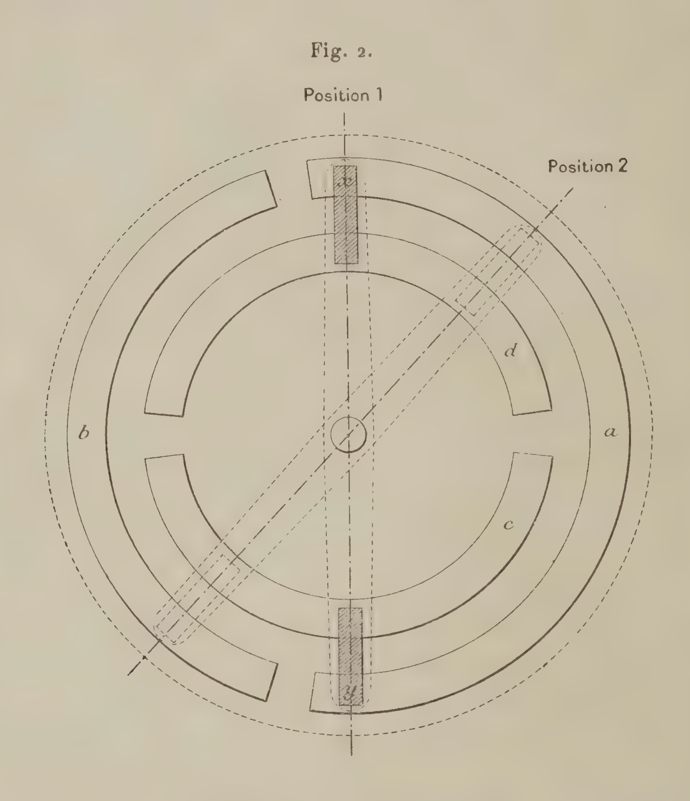
» [*c*] et [*d*] aux deux autres pôles de ces induits.

» Une barre isolante portant deux frotteurs [*x*], [*y*], formant ponts entre les deux couronnes, permet de réunir simultanément le plot [*a*] avec [*c*] et [*d*], ou alternativement le plot [*b*] avec [*c*] ou [*d*].

» Dans la première position (n° 1), le courant se dérive aux deux induits ; dans la seconde (n° 2), l'induit correspondant au plot [*c*], par exemple, est mis en court circuit, tandis que le courant continue à passer dans l'autre induit.

» L'avant-train s'incline donc du côté du moteur faisant frein et, comme le plateau portant les plots est fixé à cet avant-train et que les frotteurs sont reliés à la manette de direction, l'avant-train tournera jusqu'à ce que l'appareil soit revenu dans la position (nº 1), c'est-à-dire d'un angle égal à celui que le conducteur aura fait décrire à la manette de direction.

Fig. 2.



» Il est à remarquer que dans cette direction il n'existe aucune liaison mécanique entre l'avant-train et l'arrière-train : celui-ci peut donc, suivant l'expression consacrée, *fringaller* sans que la direction de la voiture soit modifiée.

» Dans les véhicules lourds, cette direction est indispensable, car l'état du sol et les rails de tramways occasionnent fréquemment et d'une manière prononcée ces dérapements de l'arrière-train.

» Pour les véhicules légers, on peut cependant employer une direction purement mécanique, ce qui simplifie le mécanisme de la voiture.

Dans les voitures que j'ai construites jusqu'ici j'ai appliqué les principes que je viens d'énoncer.

» Ces voitures sont loin d'être parfaites, ce ne sont que des machines d'essai, résultats de tâtonnements successifs et de réfections nombreuses; mais, telles qu'elles sont, elles ont pu me permettre de suivre la voie au bout de laquelle se trouve la réalisation pratique et industrielle d'une idée.

» La première voiture est un fiacre de la Compagnie *l'Abeille*, que j'ai transformé en automobile. L'avant-train seul a été changé. Les accumulateurs se trouvent entre les roues d'avant-train et les machines, de part et d'autre de l'essieu d'avant-train ; elles sont suspendues de manière à osciller sur l'essieu en restant centrées par rapport aux fusées des roues et, par suite, aux engrenages calés sur celles-ci.

» La direction est faite par le servo-moteur dont je vous ai parlé.

» Les accumulateurs employés étaient de type *Fulmen* et pesaient 285^{kg}. La voiture, en ordre de marche, sans voyageurs, pesait 1150^{kg} et pouvait faire un trajet de 30^{km} à la vitesse moyenne de 12^{km} à l'heure. Les moteurs avaient chacun un couple maximum de 6^{kgm} et tournaient à 850 tours.

» Malheureusement, si le fiacre tel qu'il est construit actuellement convient parfaitement à la traction animale, il n'en est pas de même lorsqu'on le transforme en véhicule automobile.

» Les efforts de réaction des moteurs, au moment du démarrage et dans les rampes, auraient tôt fait de disloquer la caisse de la voiture. Le fiacre de l'*Abeille* que j'ai transformé et qui porte, comme vous le voyez, le n° 7319, avait alors dix ans d'existence; au bout d'une année de son avatar en voiture électrique, après avoir circulé dans Paris, il était, quant à la partie carrosserie que j'avais gardée, hors de service.

» J'ai alors construit une seconde voiture, disposée, comme vous le voyez, avec un châssis métallique destiné à recevoir tous les efforts de réaction des moteurs.

» Ceux-ci, beaucoup plus puissants, sont placés tous deux en arrière de l'essieu d'avant-train. Ils tournent à 600 tours par mi-

nute, leur couple moteur normal est de $1^{kgm},5$, et le couple maximum de 13^{kgm} pour chacun d'eux.

» Ce couple correspond à un effort de traction total pour les deux roues de 450^{kg}.

» Ces moteurs pèsent 150^{kg} chacun et ont un rendement très élevé, généralement supérieur, dans les conditions normales de fonctionnement, à 90 pour 100. Leur construction est très robuste, tout leur montage se réduit à trois vis, fixant un palier unique rentrant dans l'intérieur de l'anneau induit, ce qui rend minimum leur encombrement. Construits, ainsi que les premiers, par la Société des Établissements Postel-Vinay, ils m'ont toujours donné des résultats remarquables et n'ont jamais exigé la moindre réparation, bien que la voiture eût parcouru déjà plus de 3000^{km} dans l'intérieur de Paris.

» Les accumulateurs, au nombre de seize, sont du type *Julien* de 30^{kg} de plaques, et de 450 ampères-heures de capacité ; ils pèsent 640^{kg}.

» La voiture pèse, en ordre de marche sans voyageurs, 1860^{kg}, et elle peut facilement prendre six et même sept personnes.

» Les essais nombreux que j'ai faits sur cette voiture, dans l'intérieur de Paris, m'ont permis de constater que le parcours atteint, pour une charge d'accumulateurs, 60^{km} à 80^{km}, suivant le profil parcouru et l'état du sol, et cela avec une vitesse variant de 10^{km} à 12^{km} à l'heure.

» L'intensité du courant est de 50 à 60 ampères, en palier, sous 30 volts ; en rampe, dans la rue Raynouard, par exemple, qui a une pente de près de 100^{mm} par mètre, on atteint 185 à 190 ampères.

» L'avant-train seul de la voiture pèse 1630^{kg} ; malgré cela, j'ai essayé sur lui une direction mécanique, qui fonctionne du reste parfaitement, malgré la charge qui repose sur les roues directrices.

» Les roues sont munies de caoutchoucs qui, malgré le poids du véhicule, résistent parfaitement depuis cinq mois qu'ils sont en service, probablement à cause de l'uniformité parfaite du couple que possède un moteur électrique.

» En résumé, vous voyez donc, Messieurs, qu'il est possible de faire parcourir à un fiacre électrique, en rechargeant une seule fois

les accumulateurs, des trajets suffisants pour le service d'une journée dans une grande ville.

» Il faut que ces trajets possibles soient considérables, car le parcours que peut effectuer un fiacre n'a pour limite que la résistance à la fatigue du cocher qui le conduit.

» On pourrait, il est vrai, recharger rapidement, sur la voie publique, à des intervalles moins longs, les accumulateurs du véhicule, mais il faudrait pour cela employer des accumulateurs à charge rapide, par exemple les accumulateurs Hagen. Mais ils ont un inconvénient grave, ils ne donnent que 3 ampères-heures au kilogramme. C'est donc un poids mort considérable à remorquer, et cela sans avoir même le bénéfice d'un long trajet. Au point de vue économique cette solution est donc, et de beaucoup, inférieure à celle consistant à charger une seule fois la nuit au dépôt, pour la journée du lendemain, et sa réalisation pratique est elle-même plus pénible.

» J'ai, en ce moment, en construction un véritable fiacre électrique, dont le poids total, sans voyageurs, n'excédera pas 750^{kg}, et qui pourra parcourir 125^{km} sans rechargement. De ce chef, nous sortirons du domaine de l'expérience pour entrer dans celui de la pratique industrielle, et j'espère que notre ville de Paris, qu'on se plaît à trouver si retardataire dans les progrès incessants de l'industrie, sera bientôt doté d'une Compagnie puissante de fiacres électriques. »

M. le Président remercie M. Kriéger.

LA TRACTION MÉCANIQUE DANS PARIS; DISCUSSION (¹).

Avant d'ouvrir la discussion sur la *Traction mécanique dans Paris*, M. le Président donne la parole à M. Hillairet pour rendre compte de la correspondance qu'il a reçue au sujet de sa communication.

M. Hillairet. — « M. Ziffer, Ingénieur à Vienne, président de la Chambre des Ingénieurs civils autrichiens, a bien voulu me faire parvenir un exemplaire de son Rapport *Sur l'application des moteurs mécaniques à la traction des Tramways*, présenté à la neuvième assemblée générale de l'*Union internationale permanente de Tramways* (Stockholm, 1896).

» M. Ziffer décrit les différents modes de traction mécanique, dans l'ordre que nous avons admis dans notre exposé, mais avec plus de détails. Toutefois, les descriptions de M. Ziffer sont établies presque uniquement sur des documents fournis par les inventeurs eux-mêmes et ne comportent aucune critique. Les conclusions sont séparées et reportées ensemble à la fin de ce travail.

» M. Ziffer passe successivement en revue :

1° *Les voitures à vapeur et à foyer.*

1848. Voiture à vapeur sur les embranchements Eastern-Countys et Bristol-Exeter.

1859. Latta, Grice et Long. États-Unis. Tramways.

1668-1876. Fairlie, Todd, Lamm, Grantham, Baxter, Bède et Cie et Random. Angleterre. Voitures à vapeur avec locomotive et chaudière verticale Field.

1876. Brunner, Winterthur. Voiture à vapeur sur la ligne à voie étroite de Lausanne à Échallons.

1877. Belpaire. Chemins de fer de l'État Belge. Voitures à vapeur pour trafic local des chemins de fer.

1876-1878. Rowan. Premiers essais (Copenhague, 1876; Chemins de fer néerlandais de la Mark, 1878).

1880. Thomas, de Mayence. Voiture à vapeur pour le chemin de fer Louis de Hesse.

1894. Serpollet. Voitures de Tramways.

(¹) *Bulletin de la Société internationale des Électriciens;* décembre 1896.

2° Système Lamm et Franck.

3° Moteurs à air comprimé.

I. Système Mekarski.
II. Système Popp-Conti (aucune ligne en exploitation).

4° Tramways funiculaires.

San Francisco. }
New-York.... } supprimés et remplacés par traction électrique.
Baltimore..... }
Sydney.
Washington.
Edinburgh-Northen Tramway.
Birmingham-Cable Tramway.

5° Moteurs à gaz.

Système Lührig. Dessau. Novembre 1894.

Système Daimler. Voitures automotrices à essence. Chemins de fer de l'État Wurtembergeois. Service des environs de Stuttgart. Décembre 1893.

Système Borsig, Berlin. En essai et non encore exploité au 31 janvier 1896.

6° Traction électrique par accumulateurs.

Rappel des essais Faure. Paris, 1881.

Système Schäfer et Heinemann. Janvier 1896. Tramway de Berlin à Charlottenbourg, une voiture.

Système Waddel Entz. Ligne Kückelhausen-Hagen, janvier 1895.

Nouvelle voiture à accumulateurs de la Société pour la transmission de la force par l'électricité, 1895.

Electric Storage Battery C° et New-York and Harlem Railway C°. 4e et Madison avenue, New-York, 1896.

Tramways électriques combinés :

Tramways de Hanovre. Accumulateurs et conduite aérienne, 1895.

Max Wertheim, de Vienne. En projet (Tramway à air comprimé; celui-ci est produit dans des postes situés tous les cinq kilomètres. Compresseurs actionnés par moteurs électriques recevant le courant d'une station centrale).

Tramways électriques à conduite de courant souterraine :

Rappel des systèmes de Buda-Pesth et Blackpook; système Perkins, Griffin, Coles, Brain, Garmann, Pollak, Lineff, Bölling, Smith, Walter, Manville, Cordley, Wynne, Bentley, Knight, Love; systèmes de la Lenox avenue, système de Hœrde.

Recommande le système Klette (en projet) comme un perfectionnement de celui de Buda-Pesth.

Cite encore : John La Burt, Peterson, Brown, Gramp.

Traction électrique de Tramways par adduction de courant au niveau des rails :

Décrit Claret et Vuilleumier. Lyon, 1894; Paris, 1896.

Cite simplement : Diatto, Mc. Laughlin, Wheless-Whestinghouse.

Décrit le système Krizik : Essais de janvier 1896; Prague-Carolinenthal.

» M. Ziffer termine son travail par le résumé suivant :

« Les *moteurs à vapeur* (voitures Rowan) conviennent spécialement » pour le service des voyageurs sur les chemins de fer secondaires situés » dans la banlieue des grandes villes, ou reliant des localités éloignées. » Néanmoins, dans ces derniers temps, ces voitures n'ont pas fait beaucoup » parler d'elles.

» La *voiture Serpollet* convient au trafic intérieur des villes et des fau- » bourgs; elle se distingue par une simplicité plus grande et par l'économie » des frais d'acquisition et d'exploitation.

» Le système des *moteurs sans foyer* (système Lamm et Francq convient » particulièrement pour les trafics intenses à l'intérieur et à l'extérieur des » villes. Plus économique que l'exploitation par locomotives à foyer.

» L'exploitation par l'air comprimé présente divers avantages dans l'inté- » rieur des villes. On manque cependant encore d'expérience suffisante au » sujet des frais de premier établissement et d'exploitation de ce système.

» Les *tramways funiculaires* s'introduisent actuellement aussi en » Europe à cause de leur grande capacité de transport sur des lignes à » fortes rampes. Cependant les dépenses de premier établissement sont » très élevées; par contre, pour un trafic considérable, l'exploitation par » ce système est plus économique que par les autres.

» Les *moteurs à gaz* n'ont pas encore été suffisamment essayés et néces- » sitent encore certains perfectionnements. Les frais de premier établisse- » ment et d'exploitation ne sont pas trop élevés.

» La *traction électrique* sous ses diverses formes a pris le plus grand » développement et convient particulièrement pour un trafic de voyageurs » très intense et à grande vitesse, tant dans les grandes villes que dans » leurs environs. La traction électrique a une capacité de transport consi- » dérable, et les perfectionnements que l'on y apporte tous les jours, ainsi » que les nouveaux procédés qui surgissent constamment, permettent d'es- » pérer qu'elle ne s'appliquera pas seulement à l'exploitation des tramways » proprement dits, mais encore au service des chemins de fer vicinaux et » d'intérêt local, même pour le transport des marchandises et enfin à » certaines catégories de trafic des grands chemins de fer. Il est à prévoir

» qu'étant donnée la conviction qui se confirme de jour en jour qu'à la
» traction électrique appartient l'*avenir de tous les tramways*, ce mode
» d'exploitation doit progresser et se développer de telle façon que, dans
» l'avenir le plus rapproché, il occupera une position tout à fait prédomi-
» nante. »

» Notre collègue M. Bouvier, de Lyon, nous écrit que la voiture à gaz a, suivant lui, plus d'avenir que nous n'avons paru lui en prévoir. M. Bouvier nous signale plusieurs résultats d'essais faits en Allemagne sur des voitures légères (28 places) qui ont donné des consommations inférieures à 500 litres par voiture-kilomètre (jusqu'à 304 litres).

» M. Bouvier a consigné de nombreux résultats intéressants, concernant les voitures à gaz, dans son Rapport, actuellement sous presse, à la Société technique de l'Industrie du Gaz, sur l'*Industrie du Gaz en Allemagne*.

» Comme documents à consulter sur ce sujet, M. Bouvier nous signale :

Une brochure : *Gas Traction for Tramways*, par la « Gas Traction C° Limited » de Londres;

Une brochure : *Tramways à Gaz*, éditée en juin 1896 par la Compagnie parisienne du Gaz;

Un article de la *Revue technique* du 10 juin 1896;

Un article du *Génie moderne* du 1er novembre 1896;

Une brochure : *Gasbetrieb für Strassenbahnen* (emploi du gaz pour tramways et voies sur routes); Berlin, 1895.

M. Maréchal. — « Je ne m'attarderai pas à démontrer la supériorité de la traction électrique sur tous les autres systèmes de traction mécanique des tramways. Je pense en effet que, sur ce point, l'opinion de la grande majorité de nos Collègues est faite. J'insisterai seulement sur certaines considérations qui doivent, d'après moi, guider les constructeurs et les électriciens dans le choix des divers systèmes de tramways électriques à étudier ou à proposer pour Paris.

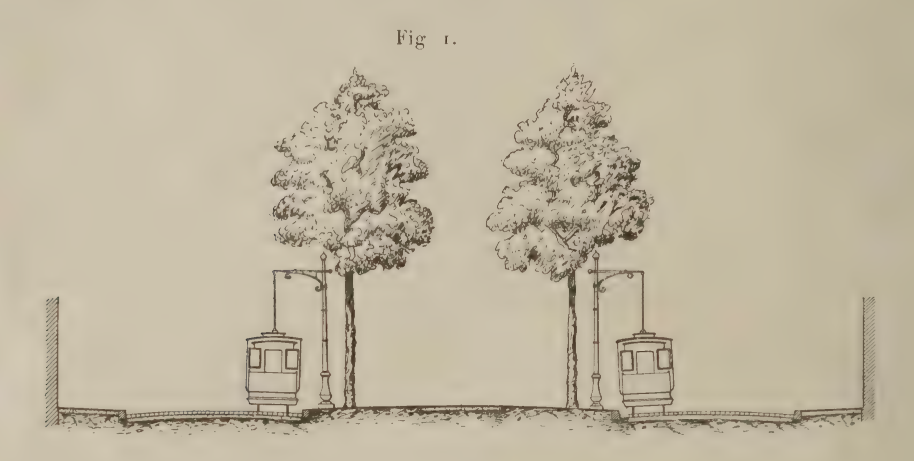
» *Les tramways à conducteurs aériens* se recommandent par une grande simplicité d'installation; mais ils ne peuvent être acceptés partout, attendu que beaucoup de nos voies ne sont pas, comme en

Amérique, tracées au cordeau et que, par suite, on serait obligé de faire subir au conducteur aérien des changements de direction fréquents, ce qui multiplierait les fils transversaux..... le point noir du système.

» Mais, certains de nos boulevards pourraient, sans le moindre inconvénient, recevoir une canalisation aérienne.

» Considérons, en particulier, les boulevards extérieurs, dont une partie est constituée comme il suit (*fig.* 1) :

Fig 1.



» Au milieu, un grand terre-plein, planté sur les rives et muni d'un passage central bitumé pour les piétons. De part et d'autre du terre-plein, deux chaussées pour les voitures, puis deux trottoirs à droite et à gauche, le long des maisons.

» Il est bien évident, Messieurs, que si l'on plaçait des conducteurs aériens sur les côtés du terre-plein, en les soutenant par des poteaux-consoles, on obtiendrait ce double résultat : c'est que les poteaux ne nuiraient nullement à la perspective, attendu qu'ils se profileraient sensiblement sur la ligne des arbres ; c'est ensuite que le fil de trolley serait à peine visible puisqu'il se projetterait sur le fond noir et confus formé par la masse des plantations. On voit, en outre, que les poteaux ne pourraient nuire à la circulation des piétons, puisque ceux-ci disposeraient toujours du passage central. Enfin, les voitures, pouvant passer et stationner le long des maisons, ne gêneraient pas le tramway dans sa marche et lui permettraient de réaliser une vitesse compatible avec un bon rendement économique.

» On crie beaucoup contre les tramways à trolley, ou à archet (je dis trolley pour la commodité du langage), mais, dans cette croisade, souvent comique par son exagération même, il y a généralement plus de parti pris que de raison.

» Laissez-moi vous raconter, à ce sujet, une petite aventure qui m'est arrivée dernièrement à Washington. Dans cette ville, qui est, comme vous le savez, sous la dépendance exclusive du Gouvernement fédéral, le trolley n'a pas encore obtenu droit de cité. Mais beaucoup de personnes, désireuses de voir s'étendre le réseau actuel des tramways électriques, le réclament avec énergie. Aussi la lutte pour ou contre le trolley y est-elle excessivement vive.

» Quelques heures après mon arrivée, je rencontre dans les bureaux du Gouvernement un journaliste qui s'informe auprès de moi de l'état de nos tramways électriques. Je fus assez humilié de lui avouer notre situation pénible, et je lui expliquai que ce qui retardait l'établissement des tramways électriques à Paris, c'était que l'on y était généralement hostile au trolley. Le lendemain, je lisais dans une feuille locale, un grand journal d'un mètre carré et de quatre pages, comme il y a en tant là-bas, le récit de mon interview. C'était un réquisitoire en règle contre le trolley. A Paris, d'après moi, on était absolument hostile au trolley et l'on n'en permettrait l'établissement à aucun prix. (*Rires.*)

» Messieurs, je tiens à la beauté de Paris, par sentiment et par devoir professionnel, autant que n'importe qui ; mais je n'hésite pas à reconnaître que, dans certaines voies, le conducteur aérien serait parfaitement admissible. Et c'est avec une réelle satisfaction que j'ai vu le Conseil général et le Conseil municipal revenir sur leurs anciennes préventions et accorder récemment à la *Compagnie parisienne de Tramways*, sur le rapport éclairé de M. Puech, l'autorisation d'installer une canalisation aérienne sur l'avenue Daumesnil.

» Il est vrai que la question d'esthétique n'est pas seule à considérer.

» M. Hillairet nous a cité la chute possible du conducteur aérien sur la voie publique. Mais ces chutes sont excessivement rares. Les Américains tiennent autant que nous à leurs colonnes vertébrales, et vous pouvez être assurés que s'ils ont laissé les Compagnies installer des milliers et des milliers de kilomètres de fils de trolley

au-dessus de leurs rues, c'est parce que l'expérience a démontré que des conducteurs aériens, entretenus et surveillés convenablement, ne se rompaient que dans des cas tout à fait exceptionnels.

» On a dit qu'à Boston on s'était ému de cette éventualité, et que la municipalité avait décidé qu'en 1900 les canalisations aériennes seraient remplacées par des canalisations souterraines. Mais c'est là une information qui doit émaner de mon journaliste de Washington. (*Rires.*) Si les Compagnies de Boston avaient cette épée de Damoclès suspendue au-dessus de leur tête, elles ne pourraient pas, comme elles le font, distribuer à leurs actionnaires des dividendes de 7 à 8 pour 100. Ce que l'on a demandé, d'après mes renseignements, et rien n'est plus raisonnable, c'est que les feeders fussent souterrains. C'est là une mesure qui se justifie amplement, puisqu'il s'agit de câbles, souvent gros comme le bras, et qui pourraient être, d'ailleurs, difficilement supportés par les poteaux. Au surplus, dès 1895, la *West End Street C°* qui est, comme vous le savez, la plus puissante Compagnie de Boston, avait déjà effectué d'elle-même cette transformation sur un très grand nombre de points.

» Insisterai-je également sur les décompositions électrolytiques que peuvent provoquer les courants de retour; mais, à ce point de vue, nous sommes, à Paris, dans une bien meilleure situation que les villes américaines, attendu que nos conduites d'eau sont toujours posées en égout et que, sur les voies larges, c'est-à-dire sur celles qui sont surtout susceptibles de recevoir des tramways, les conduites de gaz sont placées sous les trottoirs. D'ailleurs, je considère que l'on peut, en profitant de l'expérience acquise, se mettre facilement à l'abri de ces décompositions. En Amérique, sur les nouveaux réseaux, quoi qu'on en dise, il ne s'en produit pas du tout ou presque pas.

» Paris va détenir le record de la *traction par accumulateurs*. Ce système est séduisant, mais il n'est pas très économique. Cependant la Compagnie des tramways de Paris et du département de la Seine paye maintenant la voiture-kilomètre à raison de $0^{fr},40$ seulement, alors que ce prix s'élevait à $0^{fr},50$ avec les anciennes voitures, et à $0^{fr},60$ avec la traction par chevaux. Comme vous le voyez, le gain n'est pas minime. C'est un prix analogue qui lui est garanti sur les

lignes que l'on est en train d'équiper avec les nouveaux accumulateurs Tudor dits *à charge rapide*. Ces accumulateurs resteront à demeure sur les batteries et seront chargés en un quart d'heure, pendant le stationnement des voitures au point terminus.

» Je regrette que l'on n'ait pas profité de ces installations nouvelles pour appliquer le *système mixte à accumulateurs et à trolley*, qui donne de si bons résultats à Dresde et à Hanovre. On eût, par exemple, appliqué le trolley *extra muros* et dans les rues voisines des fortifications, et réservé les accumulateurs pour l'intérieur même de Paris.

» Il y a là, je crois, une combinaison qui faciliterait singulièrement l'introduction du trolley dans la capitale; car, aux points délicats, c'est-à-dire aux carrefours, dans les courbes et sur les places, on pourrait supprimer les conducteurs aériens et marcher exclusivement à l'aide des accumulateurs.

» Il ne serait pas mauvais non plus qu'une voiture pût, avec ses propres moyens, dérailler et contourner un obstacle imprévu, comme il s'en produit si fréquemment dans Paris.

» Enfin, on peut faire valoir que le régime de l'usine se trouverait sensiblement amélioré, car les batteries corrigeraient les inégalités de consommation des voitures.

» J'aurais voulu vous présenter, à ce sujet, le diagramme des voitures de Dresde et de Hanovre; mais je n'ai pu me procurer que celui d'une usine, pour laquelle les accumulateurs ne sont plus sur les voitures, mais à poste fixe dans l'usine. Au point de vue de la marche des machines, le résultat est le même et c'est pour cela que ce diagramme est intéressant à consulter.

» Le diagramme (*fig.* 2) se rapporte à la ligne de Zurich à Hirslanden. La ligne sinueuse représente la consommation de la ligne; vous voyez qu'elle fait des bonds désordonnés qui la poussent jusqu'à 210 ampères. Au contraire, la dynamo se tient, avec une sérénité presque parfaite, aux environs de 90 ampères. Avec une batterie, on peut donc réaliser une économie sensible de matériel en même temps que l'on fait travailler les machines dans de bien meilleures conditions.

» La traction mixte par accumulateurs et par trolley paraît donc, en somme, pouvoir rendre de très sérieux services. On peut ob-

jecter que l'on doit ainsi remorquer un poids mort considérable; mais il me semble qu'avec des accumulateurs à régime aussi élastique que ceux que l'on fait aujourd'hui, une batterie de 1000^{kg} à 1500^{kg} serait suffisante. Ce serait une surcharge relative peu considérable, puisque les voitures ordinaires pèsent bien, voyageurs compris, de 8 à 9 tonnes.

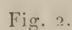
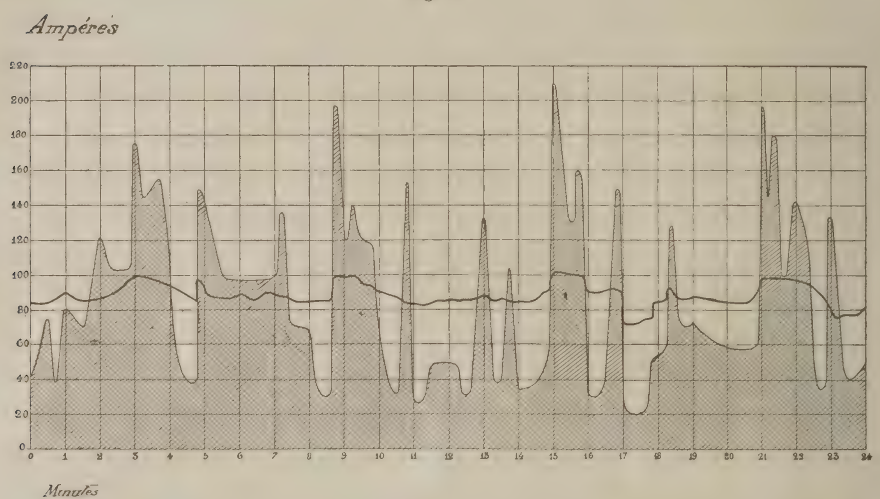


Fig. 2.



» Les *tramways à conducteurs établis au niveau du sol* échappent aux critiques que l'on adresse, au nom de l'esthétique, aux tramways à conducteurs aériens. Mais, avec eux, il faut se préoccuper de la conservation des plots ou des pavés de contact, ainsi que du fonctionnement des distributeurs. Le tramway de la place de la République à Romainville, qui est en service depuis le 1er juin dernier, a eu, au début, quelques accrocs. Mais il marche aujourd'hui avec une régularité suffisante, les accidents — je devrais plutôt dire les incidents — se réduisant à de simples ratés (un raté environ sur 125 voyages) qui immobilisent momentanément tel ou tel distributeur. Les recettes, et je tiens à les citer pour montrer ce que peut donner la traction électrique dans Paris, sont très satisfaisantes. Elles sont, pour la partie de la ligne comprise entre la place de la République et les fortifications, sur le pied de 100000^{fr} par kilomètre et par an, ce qui correspond à une recette, par voiture-kilomètre, de $1^{fr},30$.

» Restent les *caniveaux*.

» Si vous considérez les caniveaux américains, vous les trouverez placés dans l'axe de la voie, ce qui ajoute une troisième bande de fer à celles qui sont déjà formées par les rails.

» Cette disposition, qui n'est pas recommandable au point de vue de la viabilité, s'est imposée pour deux raisons. La première, c'est que l'on a pu appliquer ainsi, sans grand effort d'imagination, à la traction électrique, les caniveaux déjà étudiés pour les funiculaires; la seconde est que l'on a voulu réaliser un ensemble bien symétrique, de manière à avoir des voies parfaitement assises, ce qui paraissait indispensable, en raison du mauvais sous-sol des rues.

» A Paris, où nous établissons les voies avec un si grand soin et où nous ne sommes liés par aucune tradition aux caniveaux de funiculaire, nous ne voulons pas de caniveau central. Il faut donc prendre les rails de roulement eux-mêmes pour former les rails de rainure.

» Avec le réseau d'égouts dont nous disposons, le nettoyage des caniveaux ne peut présenter de difficultés sérieuses. Mais je dois appeler l'attention des constructeurs sur une sujétion assez spéciale à Paris. Il s'agit de la poussée du pavage en bois. Cette poussée, qui culbute souvent les bordures de trottoirs, tend à rapprocher, avec une grande force, les deux bords de la rainure. On en a eu un exemple, rue de Châteaudun, où, malgré les précautions prises, le caniveau d'essai de la *Société nouvelle d'Électricité* s'est rétréci de quelques millimètres. De ce chef, il faudra prévoir des ossatures excessivement résistantes. Cela sera beaucoup plus prudent que de donner au début à la rainure un excédent de largeur, sauf à compter sur l'élasticité du caniveau et la poussée du pavage pour ramener la rainure à 29^{mm}, largeur maxima adoptée à Paris.

» Doit-on placer les conducteurs dans un simple caniveau ou dans une galerie visitable?

» Voyons d'abord la dépense :

» Un caniveau coûte, sans la voie, de $80\,000^{fr}$ à $100\,000^{fr}$ par kilomètre. Pour une ligne à double voie, il faut deux caniveaux, soit une dépense de $160\,000^{fr}$ à $200\,000^{fr}$.

» Une galerie visitable coûte environ $230\,000^{fr}$ par kilomètre, mais cette galerie peut desservir à la fois les deux voies. Pour une

ligne à double voie, celle-ci n'est donc pas beaucoup plus chère que le caniveau. D'ailleurs son prix est, comme vous allez le voir, parfaitement réductible.

» Est-il nécessaire, en effet, de pouvoir circuler dans une galerie comme dans un égout? Évidemment non. Ce qu'il faut, c'est pouvoir inspecter et nettoyer fréquemment les isolateurs, car la plupart des ennuis proviennent de ces organes, soit qu'ils cassent, soit qu'ils brûlent, soit qu'ils se couvrent de poussières ou de balayures conductrices.

» Il y a bien aussi les rails conducteurs, mais comme ils peuvent être introduits par la rainure, juste à la place qui leur convient, on n'a qu'à les boulonner sur les isolateurs et qu'à les éclisser.

» Vous voyez, en somme, que la besogne que l'on a à effectuer dans un caniveau est relativement simple. Il est, dès lors, parfaitement admissible qu'elle pourra être exécutée par un ouvrier circulant assis sur un chariot bas. Dans ces conditions, une hauteur de $0^m,90$ avec une largeur de $0^m,70$ est suffisante.

» Considérons, d'autre part, l'espace longitudinal à réserver pour le passage des conducteurs. Puisque nous pouvons visiter les isolateurs et même profiter de l'espace disponible dans la galerie pour les placer en dehors du canal, on peut réduire celui-ci au minimum et, par suite, diminuer le porte-à-faux de la rainure. On restreindra, de cette façon, les risques de rétrécissement de la fente, tout en simplifiant notablement l'infrastructure.

» Une galerie ainsi construite n'aurait guère que $1^m,20$ de profondeur au-dessous du sol. Elle serait sensiblement plus économique que la grande galerie visitable, préconisée par M. Holroyd Smith, et elle aurait l'avantage de ne pas atteindre, la plupart du temps, les égouts, quand ceux-ci sont placés sous les voies. Or, vous savez que pour la ligne de la place Cadet à la porte de Montmartre, on prévoit, avec la grande galerie visitable, pour approfondissement ou transformations d'égouts, une somme dépassant $100\,000^{fr}$ par kilomètre.

» Il est certain, d'autre part, que le coefficient de sécurité que l'on obtiendrait ainsi serait bien plus élevé qu'avec le caniveau, même muni de tampons de visite et de regards. Je dois dire, d'ailleurs, que ces tampons et ces regards n'embellissent pas précisé-

ment la chaussée, alors même qu'ils sont recouverts par des pavés de bois.

» J'ai parlé, tout à l'heure, du *système mixte à trolley et à accumulateurs.*

» On peut lui opposer le *système mixte à trolley et à conducteur souterrain.*

» C'est une affaire d'espèce et de tracé.

» Il me semble que, si l'on doit abandonner fréquemment le fil aérien, les accumulateurs sont préférables. Au contraire, s'il ne s'agit que de franchir deux ou trois points particuliers, on aura économie à s'adresser au caniveau.

» Une autre question doit également être envisagée : c'est celle de la commodité de l'exploitation.

» Il est clair que, dans le système mixte à accumulateurs et à trolley, on peut abandonner et reprendre le fil aérien sans trop se préoccuper des points de passage. Si l'on tire trop tôt ou trop tard sur le trolley, la batterie est toujours là pour fournir le courant nécessaire. D'autre part, on n'a pas besoin, quand on rejoint le fil aérien, de remettre le trolley en place, juste en un point précis.

» Avec le trolley associé au caniveau la commodité est certainement moins grande.

» A Washington, le changement se fait de la façon suivante : sur une dizaine de mètres, environ, la ligne est à la fois à caniveau et à conducteur aérien. Dans cette partie on a installé, sous et dans l'axe de la voie, une petite fosse dans laquelle pénètre un ouvrier. La voiture se place juste au-dessus et s'arrête. L'ouvrier accroche l'appareil de prise de courant et le tramway repart, en s'aidant encore du fil aérien. Les conducteurs souterrains forment un évasement qui facilite l'entrée du frotteur. Dès qu'ils sont atteints on tire sur le trolley et on l'amarre avec une corde, de façon à empêcher ses oscillations.

» A Berlin (où il existe aussi des lignes à conducteur souterrain et à trolley), l'appareil de prise de courant est mis en place par le conducteur même de la voiture. Mais il n'en faut pas moins passer de l'un à l'autre système en des points parfaitement déterminés. Or, s'il n'est pas difficile d'abandonner le fil aérien, il n'est pas toujours commode de le rattraper avec le trolley, surtout quand il fait nuit.

» Messieurs, les tramways ne peuvent pas à eux seuls résoudre, à Paris, la question des transports en commun. Il y a des voies très fréquentées où, en raison de l'intensité de la circulation, un tramway électrique rendrait moins de services qu'un omnibus à chevaux. C'est une situation analogue que l'on rencontre à Londres, dans la Cité. Pour ces voies, il faut absolument passer sous la chaussée et l'on arrive ainsi à la conception d'un métropolitain souterrain.

» Vous savez qu'un projet de métropolitain vient d'être adopté par le Conseil municipal. Je n'ai pas l'intention de m'arrêter sur les détails du projet. Pour le moment, je ne retiendrai que ce fait : c'est que tout le monde est d'accord pour reconnaître que le seul système de traction possible est la traction par l'électricité. Et, soit que l'on adopte des locomotives électriques, comme à Londres et à Baltimore, soit, ce qui est plus probable, que l'on emploie des automobiles, comme à Liverpool, Nantasket-Beach et Chicago, on peut être sûr que l'on pourra faire face aux exigences du service le plus compliqué et le plus chargé.

» Messieurs, je veux me borner à ces indications. Ma conclusion et ma conviction, c'est que les procédés actuels de la traction électrique sont maintenant suffisamment variés pour répondre victorieusement à toutes les objections qu'on peut leur opposer à Paris.

» Évidemment nous assistons à tant de découvertes qu'il serait certainement hasardé de prétendre qu'en dehors de l'électricité il ne peut y avoir de salut. Mais, actuellement, on ne saurait faire mieux.

» A quel choix devra-t-on s'arrêter ?

» En ce qui me concerne, et en me plaçant au seul point de vue technique, je pencherais pour la répartition ci-après :

» Pour les lignes intérieures et à grande circulation, comme celle, par exemple, qu'il est question d'établir entre la gare Saint-Lazare et la place de la République par la nouvelle rue Réaumur, le caniveau visitable à section réduite.

» Au contraire, pour les lignes de pénétration ou pour celles qui empruntent des voies comparables aux boulevards extérieurs, le conducteur aérien avec le caniveau ou des accumulateurs pour les passages difficiles et les grandes voies de l'intérieur.

» J'élimine, pour le moment, les tramways à conducteurs établis au niveau du sol. J'estime, en effet, que l'essai qui en a été fait est de trop courte durée. Si ces tramways réussissent, comme je l'espère, ils seront d'un appoint précieux pour le développement de la traction électrique à Paris. Mais cette traction peut se faire avec eux ou sans eux.

» Je n'ai pas encore parlé du système d'exploitation. Deux systèmes sont en présence, comme l'a expliqué M. Hillairet. Je préfère de beaucoup, pour mon compte, une exploitation intensive, avec départs rapprochés. Il est évident, en effet, que le public aimera beaucoup mieux avoir, par exemple, des voitures partant toutes les deux à trois minutes, que des trains de quatre à cinq voitures partant tous les quarts d'heure.

» On objecte qu'avec un service trop accéléré on diminuera l'effet utile des rues, attendu que les voitures ordinaires n'oseront plus s'engager sur les voies de tramways. Cela n'est nullement prouvé, car dans les rues très fréquentées les lignes de circulation sont éminemment variables et mobiles. On fait valoir également que nos rues ne peuvent être traitées comme les rues américaines, où les voitures seraient fort rares. Mais, sur l'artère de New-York, *Broadway*, la circulation est au moins aussi intense que sur nos grands boulevards, ce qui n'empêche pas les tramways d'y circuler à des intervalles très rapprochés, et encore s'agit-il de tramways funiculaires, c'est-à-dire de tramways présentant une souplesse d'exploitation moindre que les tramways électriques.

» Je ne prétends pas, d'ailleurs, qu'il faille pousser le système à l'excès et réaliser comme une sorte de noria enlevant les voyageurs d'une façon continue. Nous avons été si peu gâtés par les Compagnies, à ce point de vue, que nous consentirions bien à attendre le tramway pendant quelques instants. L'objectif doit être la suppression des bureaux de correspondance, qu'on ferait mieux d'appeler les bureaux d'attente (et vous savez quelles attentes longues et insupportables), et la certitude, pour le public, de trouver de la place dans le plus prochain tramway. On n'y arrivera évidemment que par un service accéléré.

» On s'est décidé, sur certaines lignes, à arrêter les voitures, non à la demande des voyageurs, mais en des points déterminés. C'est

un système qui paraît devoir être généralisé, car il permet d'augmenter sensiblement la vitesse moyenne des voitures.

» C'est ainsi que l'on procède presque partout en Amérique. Mais, en raison de la disposition des rues, la règle suivie pour les arrêts est plus simple que chez nous. Vous savez en effet que, dans les villes américaines, les rues se coupent généralement à angle droit, les parties construites formant des carrés appelés *blocs*, de largeur sensiblement constante. On doit, en principe, s'arrêter à l'angle de chaque bloc. Mais, comme au point de vue de l'encombrement des rues il vaut mieux ne pas avoir à démarrer en plein carrefour, l'arrêt se fait toujours de l'autre côté du carrefour, par rapport au sens de la marche.

» J'aurais bien encore à examiner la question du matériel roulant et à voir, par exemple, si nous ne devons pas renoncer à nos voitures à impériale, si peu confortables, pour adopter des voitures plus légères, fermées en hiver, découvertes en été. Mais ce sont là des questions accessoires, que l'on peut provisoirement laisser de côté.

» Ce qui est certain, c'est que, grâce à la traction électrique, nous avons enfin la clef de ce problème si souvent posé de la réforme de nos transports en commun.

» Assurément il n'y a pas que le côté technique à envisager, et bien d'autres considérations compliquent un peu la solution. Mais le public, qui n'a pas à s'immiscer dans ces détails, comprendrait difficilement qu'on lui refusât plus longtemps un mode de traction qui non seulement a fait ses preuves, mais qui a donné, on peut le dire sans exagération, des résultats merveilleux. »

(*Applaudissements.*)

M. le Président. — « Je remercie M. Maréchal de sa très intéressante communication. »

M. E. Sartiaux. — « J'ignore si notre Collègue, M. Regnard, assiste à la séance; s'il est présent, il doit être heureux de constater que les idées qu'il a défendues à la dernière séance avec un certain courage commencent à s'imposer. M. Maréchal vient de nous dire, en effet, que le trolley serait admis dans Paris par l'Administration de la Ville; mais, si j'ai bien compris, cette concession ne donne pas encore au système droit de cité; on le relègue aux fortifi-

cations. Ne désespérons pas cependant de le voir un jour dans Paris; ce serait réellement la solution la plus désirable surtout si l'on combine le trolley avec les accumulateurs, et d'autant plus que la circulation même des voyageurs s'effectue surtout dans le centre de la Capitale et non aux fortifications. Les *ficelles* dont on paraît avoir peur depuis si longtemps ne seraient pas plus laides sur les grands boulevards que sur les boulevards extérieurs. Je demanderais donc que l'Administration qui nous dirige nous fît une concession et nous permît de voir le trolley à l'intérieur de Paris; cela rendra un véritable service au public, aux industriels et aux étrangers. » (*Applaudissements.*)

M. Maréchal. — « J'ai dit que le Conseil municipal venait d'accorder à la Compagnie parisienne de Tramways l'autorisation d'installer une canalisation sur l'avenue Daumesnil qui aboutit à la Bastille, c'est-à-dire dans l'intérieur de Paris. M. Sartiaux a ainsi un commencement de satisfaction. »

M. E. Sartiaux. — « La Bastille n'est plus située au centre même de Paris; mais la concession dont il s'agit est déjà un commencement; peut-être verrons-nous la fin. » (*Rires.*)

M. Lauriol. — « J'examinerai la question au point de vue spécial de la voirie urbaine, et de Paris en particulier, laissant à d'autres le soin d'envisager le point de vue industriel.

» Nous ne pouvons trouver ailleurs, au moins en Europe, de cas analogues; aucune ville n'a une circulation générale et des exigences comparables à celles de Paris; Londres serait à excepter, mais les tramways ne pénètrent pas dans le centre. L'exemple des autres villes ne pourra donc être invoqué que sous les plus grandes réserves.

» A Paris, nous n'avons plus un réseau à créer de toutes pièces; le plus grand nombre des rues et boulevards susceptibles de recevoir des voies de tramway en sont déjà pourvus, et beaucoup de lignes sont actuellement assez résistantes pour supporter la traction mécanique. De là résulte, dans ce cas spécial, un avantage pour les systèmes qui n'exigeront aucune transformation de la voie,

pour ceux dans lesquels la voiture porte simplement sur le rail sans avoir de liaison avec le sol : vapeur, air comprimé, gaz, accumulateurs électriques, etc. L'avantage serait commun aux compagnies et au public à qui on épargnerait, soit pour la construction, soit pour les réparations, des bouleversements de chaussées qui ne sont déjà que trop fréquents. Si ces divers systèmes de traction se montraient, à d'autres points de vue, équivalents ou à peu près à la traction électrique par usine centrale, ils devraient lui être préférés.

» En ce qui concerne les tramways actionnés par usine centrale, une première question se pose : celle de l'électrolyse dans le sol. Cette question vous a été exposée, il y a peu de temps, au nom de M. Potier; je n'y reviendrai pas, pas plus que sur la situation spécialement avantageuse de la Ville de Paris dont il vient de vous être parlé. La ligne de Paris à Romainville, la première qui ait été installée à Paris avec traction par usine centrale, permettra, avec le temps, de vérifier les opinions émises à ce sujet.

» Parmi les divers systèmes, un des plus intéressants est celui qui a fonctionné à l'exposition de Genève en 1896 : arrivée du courant par un rail et sortie par l'autre rail. Je n'ai pas à m'arrêter aux inconvénients de tout ordre qui empêcheraient, pour le moment, le développement de tramways de ce genre; inconvénients que l'auteur avait parfaitement prévus; mais il y a, dans cette direction, un joli sujet de recherches. Heureux l'inventeur qui pourrait rendre ce système praticable, et mettrait d'accord le fil aérien et le fil souterrain en les supprimant tous deux.

» Les tramways à fil aérien viennent d'être défendus chaleureusement; ils offrent cet avantage de n'exiger aucune construction spéciale ou transformation dans le sol des chaussées, si ce n'est la jonction électrique des rails, et de n'exiger ensuite que peu de réparations. Au point de vue esthétique la question n'est guère susceptible de discussion; chacun la sent à sa façon; tout ce que je puis dire, c'est que, si j'étais le maître, le fil aérien n'entrerait pas dans Paris, malgré ses avantages pratiques incontestables. Du reste, avec les progrès des autres systèmes, l'alternative ne se pose plus simplement entre le fil aérien et rien. Paris qui, à l'encontre d'autres villes, a confiné sous terre toutes les canalisations élec-

triques, grosses ou petites, câbles de lumière ou fils téléphoniques, peut, logiquement et à bon droit, se montrer plus sévère que d'autres à l'égard du fil aérien pour tramways.

» En admettant que le fil aérien soit toléré à Paris, le mieux serait d'établir les voies le long d'un trottoir central avec potences placées à peu près dans la ligne des arbres; mais ce trottoir central n'existe que sur un petit nombre de boulevards. Viendrait ensuite le système avec poteaux en forme de T placés sur refuges dans l'axe des chaussées; la plupart de nos grandes voies sont assez larges pour admettre ce type de construction, mais il serait tout à fait imprudent de supprimer le refuge et de planter le poteau dans la chaussée même, ainsi qu'on l'a fait dans d'autres villes plus paisibles. Enfin, en dernier lieu, viendrait le pire de tous les systèmes, celui qui comporte les fils transversaux.

» Entre le trolley et l'archet, la lutte est assez vive; mais, au point de vue du coup d'œil, la chose a peu d'intérêt. Le but à viser, pour rendre le passage en courbe aussi peu laid que possible, est de permettre, en plan, l'écartement maximum entre le fil aérien et l'axe de la voie. Les deux systèmes sont, à cet égard, sensiblement équivalents. L'archet permet seulement de simplifier les pièces spéciales pour bifurcations et croisements. A ces deux systèmes, nous préférerions de beaucoup le système Dickinson qui permet d'augmenter encore l'écart entre le fil et l'axe de la voie.

» Actuellement, le fil aérien se présente à Paris avec toutes sortes de circonstances atténuantes, et notamment l'interruption au droit des places, carrefours, etc. Pour franchir ces intervalles, on a proposé entre autres de n'adopter aucun dispositif spécial, l'élan de la voiture devant suffire. Étant donnés les obstacles de toutes sortes qu'un tramway peut trouver sur sa route, la proposition ne nous paraît pas mériter examen.

» Les tramways avec contact au niveau du sol ont fait leur apparition à Paris. Appelé à suivre de près la construction de la ligne de Paris à Romainville, j'ai été, dès l'abord, absolument effrayé de la complication du système; mais je suis heureux de constater qu'il fonctionne à la satisfaction de tous. Pendant un mois, les ratés ont été fréquents, mais on est arrivé à régler les distributeurs, et depuis plusieurs mois l'exploitation se fait régulièrement. Au point de vue

spécial de la voie publique, les plots de contact, placés depuis plus d'un an, se comportent bien. Dans le pavage en pierre, on ne les aperçoit pour ainsi dire pas. Dans le pavage en bois, en cas de déplacement, la remise en place est un peu moins simple, sans être fort gênante. Vu leur peu d'étendue, ils n'occasionnent pas de glissements pour les chevaux. Les uns ont été faits en fonte, les autres en acier. Les premiers sont actuellement entamés par les frotteurs des voitures. A l'avenir, on devra employer exclusivement l'acier.

» Le tramway de Romainville ferraille, autant et plus qu'un tramway à gaz; mais le public, persuadé qu'un tramway électrique est silencieux, ne l'entend pas. Peut-être sera-t-il un jour moins indulgent. En tout cas, l'inconvénient serait facile à corriger en modifiant la forme du frotteur, et ne prouve rien contre le principe du système et son bon fonctionnement.

» Le tramway a subi, l'été dernier, l'épreuve de l'eau aussi complète qu'on peut la désirer; il en est, en somme, sorti à son avantage; certains détails de construction seraient cependant à corriger à cet égard. Reste à subir l'épreuve de la neige et de la gelée.

» Un des gros inconvénients du système, c'est que chaque section commandée par un distributeur forme une section de block automatique, où une seule voiture peut pénétrer, et les voitures doivent être distantes au moins de 100^{m} l'une de l'autre. Combien de fois voyons-nous, au Châtelet par exemple, trois ou quatre voitures se suivre sans interruption, et que dirait le public si on les obligeait à s'éloigner à 100 mètres l'une de l'autre? On peut, il est vrai, raccourcir les sections, au lieu de 100^{m} adopter 50^{m}, mais l'installation devient plus complexe, plus coûteuse et perd ce qui en fait l'originalité; l'espacement de 50^{m} serait encore bien gênant pour les quartiers du centre de Paris.

» Nous ne pouvons dire que le système adopté pour la ligne de Romainville soit le système idéal, et soit, entre tous les systèmes avec contact à niveau, celui qui convient le mieux pour Paris. Mais l'expérience, quoique encore un peu courte, permet de présumer avec une assez grande confiance que les tramways avec contact à niveau fonctionneront convenablement chez nous. Comme coût de construction, ils se placeraient vraisemblablement entre le fil aérien

et le caniveau souterrain, plus près du premier que du second.

» Viennent enfin les tramways à caniveau. Nous examinerons d'abord les caniveaux de petites dimensions, dont le type le plus souvent cité est celui de Buda-Pesth. Une première question s'est d'abord posée. La circulation générale, si lourde à Paris et dont nous ne trouvons guère l'équivalent ailleurs, ne détruira-t-elle pas rapidement le caniveau? Quel sera notamment l'effet du pavage en bois? Une expérience a été faite à ce sujet par la Société nouvelle d'électricité, qui a installé rue de Châteaudun un caniveau d'essai de 50^{m} de longueur. Au bout de fort peu de temps, la largeur de la fente, qui était d'abord de 30^{mm}, a été réduite à 25^{mm}; depuis lors, ce chiffre, très légèrement variable d'un point à l'autre, est en gros demeuré constant. Il semble que, sous l'effet des premiers arrosages ou des premières pluies, le pavage en bois gonfle; mais, tenu constamment humide, il conserve le même volume et ne passe pas par des alternatives de contraction et de gonflement. On obvierait au rétrécissement en donnant, au début, un supplément de largeur à la fente, 5^{mm} environ. Enfin, on peut diminuer la poussée par mètre courant de voie en diminuant la hauteur du pavé de bois. Cette hauteur, qui était de 15^{cm} lors des premiers pavages, tend à diminuer; aux abords du caniveau de la rue de Châteaudun, elle a été de 10^{cm} à 12^{cm} : elle pourra, à mon avis, être réduite, sauf cas exceptionnels, à 8^{cm} entre les rails et à 10^{cm} sur les côtés.

» De petits affaissements de pavage se sont produits rue de Châteaudun; j'ai craint un moment qu'ils ne fussent dus à une avarie survenue au caniveau; il n'en était rien.

» Ici encore, l'expérience est courte, huit mois environ, et si l'on a subi l'épreuve de l'eau, on n'a pas subi celle du gel ou de la neige. Sous ces réserves, on peut dire que le caniveau fonctionnera convenablement malgré la circulation lourde et intense de Paris.

» Les trapillons pour la visite du caniveau étaient en fonte garnie de bois. Je ne craindrais pas, pour ma part, des trapillons de faible étendue dont la surface métallique resterait apparente. Les plots du tramway de Romainville ne font pas glisser les chevaux : les trapillons ne le feraient pas davantage. Ils auraient l'avantage de briser la ligne droite du rail, le long de laquelle les véhicules autres que les tramways ont une tendance à se coller, au grand détriment de la

chaussée. Ils joueraient un rôle analogue à celui des pavés métalliques dont nous faisons en ce moment l'essai.

» Dans le caniveau de la rue de Châteaudun, les conducteurs électriques ne sont pas posés; mais ils ont été étudiés de façon à pouvoir passer par la fente, à pouvoir être sortis, inspectés, remplacés sans aucune démolition de chaussée, sans autre travail que l'ouverture des trapillons. Cette condition est fort sage et devra être imposée dans tous les cas.

» Quant à savoir si la fente sera placée dans l'un des rails ou dans l'axe de la chaussée, je ne puis que confirmer ce qui vient de vous être dit. Tout ce qui rompt l'homogénéité d'une chaussée et notamment toute bande métallique posée en long est une cause de ruine pour cette chaussée. S'il y a dans cette assemblée quelques bicyclistes, ils ont pu s'apercevoir dans quel mauvais état se trouve presque constamment le pavage, et surtout le pavage en bois, au voisinage des rails. Le tramway est un mal nécessaire, supposons-le, mais ne l'aggravons pas et n'admettons pas six bandes de métal quand quatre peuvent suffire.

» J'arrive enfin au tramway à caniveau accessible. Il peut résister mieux que le caniveau inaccessible aux poussées horizontales dues au pavage en bois ou à la gelée. Avec le caniveau inaccessible, les jougs doivent laisser un vide suffisant pour donner passage non seulement aux conducteurs et frotteurs, mais à la boue et à tout ce qui peut tomber dans la fente. Avec le caniveau accessible, le vide du joug correspond seulement au passage des conducteurs et frotteurs, et le bras de levier à l'extrémité duquel agissent les poussées horizontales peut être fortement réduit.

» Une première étude dans cet ordre d'idée avait été faite pour la ligne de Romainville dans d'assez bonnes conditions. Une seconde étude pour la rue Rochechouart était faite, au contraire, dans le cas le plus défavorable qu'on pût trouver; c'est une rue étroite, comportant en son milieu un égout unique qui exigeait de coûteuses transformations. A Paris, la plupart des voies susceptibles de recevoir une ligne de tramway ont deux égouts sous trottoirs et le dessous de la chaussée reste libre, sauf points exceptionnels.

» Pour que le prix ne soit pas trop déraisonnable, il faut qu'un même caniveau serve pour les deux voies, la fente étant placée sur

les rails intérieurs; on est donc obligé de conserver l'entrevoie de 1^m environ et de renoncer au large entrevoie de 2^m à $2^m,50$, avec refuges et appareils d'éclairage dans l'axe, tel qu'il existe avenue de la République. Sous cette réserve, le caniveau accessible est évidemment une des solutions les plus parfaites.

» Je termine par deux points de détail qui ont leur importance.

» Sur certaines lignes, le bandage des roues est plus large que le champignon des rails. L'effet a été désastreux; le pavage, devant toujours être posé légèrement en dessus du rail, n'a pu être appliqué exactement contre ce dernier, sous peine d'être immédiatement disloqué par les bandages des roues. On a dû laisser entre le pavé et le rail un joint continu de $0^m,2$ à $0^m,3$ simplement rempli de mortier; c'est un point faible, là précisément où la circulation générale est particulièrement destructive pour les chaussées. Aussi les réparations sont-elles incessantes. Il faut de toute nécessité avoir des bandages assez étroits ou des champignons assez larges pour que les roues ne touchent pas le pavé.

» Enfin, chacun a pu voir la boue noire et infecte que les ouvriers sortent à chaque instant des gorges des rails et spécialement des aiguillages. On obvierait à l'inconvénient en assurant le drainage de ces derniers, et le développement du réseau d'égout permet de le faire presque partout sans difficultés. »

M. le Président. — « Je remercie M. Lauriol de sa Communication.

» Je me permets d'ajouter que rien ne semble mieux justifier l'utilité de la discussion d'aujourd'hui que la double Communication que vous venez d'entendre et qui émane de deux ingénieurs distingués du Service municipal de Paris. Il semble, en effet, qu'ils aient tous les deux, sur l'application de la traction électrique dans la capitale, des vues diamétralement opposées : M. Maréchal est un fervent partisan de l'établissement des trolleys; M. Lauriol en est l'adversaire. La suite du débat nous permettra de convaincre M. Lauriol et, à défaut de l'éloquence de nos collègues, nous prierons M. Maréchal de vouloir bien continuer la discussion auprès de M. Lauriol, et d'arriver enfin à faire triompher nos idées. » (*Applaudissements.*)

M. Maréchal. — « Je suis, en effet, partisan de l'installation des trolleys, mais seulement dans les limites que j'ai eu l'honneur de vous indiquer.

M. le Président. — « Soit! Mais M. Lauriol n'en est même pas partisan et, à ce point de vue, il vous a presque reproché la concession que vous nous faites. »

Un Membre. — « M. Lauriol se ralliera à notre opinion. »

M. Vuilleumier. — « M. Lauriol donne comme principal inconvénient du tramway de Romainville, qu'en cas d'obstruction de la voie (il cite l'exemple d'une voiture de décors de théâtre qui fut renversée par le vent, avenue Gambetta), les voitures doivent s'arrêter à 100^{m} les unes des autres et ne peuvent s'accumuler. Je suis de l'avis opposé à celui de M. Lauriol et trouve que, si l'on conservait un intervalle plus grand, ce serait un avantage au point de vue du prompt rétablissement du service et du transport en général. En effet, si les voitures se groupent les unes derrière les autres, non seulement le déblocage est plus long et plus difficile, mais le restant de la ligne est dépourvu de voitures, toutes étant accumulées au même point, et il s'écoule un temps plus long avant qu'elles aient repris leurs espacements égaux, condition essentielle pour effectuer un trafic utile par tramway.

» Du reste, l'espace de 100^{m} entre deux voitures correspond à un temps de moins d'une demi-minute de trajet. En admettant six voitures arrêtées à cette distance, il n'y aurait qu'environ deux minutes de trajet entre la première et la dernière.

» M. Lauriol indique avec raison que les distributeurs peuvent alimenter une distance moindre que 100^{m}. Ils peuvent alimenter toutes les longueurs de voie inférieures à 100^{m}, ce qui permet le rapprochement des voitures sur ces parties jusqu'à se toucher; mais ceci n'a d'intérêt, non pas dans le cas d'encombrement, mais seulement lorsque plusieurs lignes de tramway auraient une partie de parcours commune. Si ce cas se présentait pour notre tramway actuel de Romainville, il ne serait pas nécessaire de toucher à la voie; il suffirait d'augmenter le nombre de distributeurs dans les

postes desservant la partie de la voie commune aux diverses lignes. La voie constitue une partie absolument indépendante de ou des appareils qui la desservent.

» L'objection de M. Maréchal porte sur ce que l'expérience des tramways à contacts superficiels ne lui paraît pas encore assez prolongée. Je crois que le meilleur moyen de juger cette objection est de la sectionner. D'un côté, nous avons un moteur identique aux lignes aériennes; les voitures et l'usine sont dans les mêmes conditions. Il nous reste deux points à examiner : la conservation des plots de contact, que M. Lauriol a exposée, et le distributeur. Les plots de contact en acier se conservent en parfait état. Les contacts en fonte, étant plus doux, sont limés par les frotteurs. On pourrait même tremper le dessus du plot. On éviterait, de cette façon, toute usure. Quant à la forme du plot qui est à angle droit, on aurait pu objecter que cette forme était la cause du bruit et qu'il aurait été préférable de lui donner une surface courbe, de façon à diminuer le choc du curseur. Mais ce n'est pas ce choc qui produit du bruit. Le bruit des frotteurs résulte de leur pivotement. Sur le plot, le frotteur prend une position inclinée, il se lève de 2^{cm} à 3^{cm} du sol et, sous l'effort du ressort, au moment du balancement, vient frapper le pavé. Plus la barre est longue, moins le choc est fort. Le bruit que l'on percevait provenait du frotteur de sûreté qui est court; mais, en modifiant son mode de suspension de façon à limiter le pivotement, nous l'avons complètement supprimé. Le bruit que l'on entend avec les voitures munies du nouveau frotteur est dû au chasse-corps en métal; avec un chasse-corps en bois, les voitures sont complètement silencieuses.

» Une autre objection porte sur les trépidations qu'on peut parfois constater dans les voitures : elles tiennent plutôt à l'état de la voie. Nous n'avions pas voulu mettre des voitures à double suspension, de crainte d'avoir trop de tangage; nous avons suspendu la caisse par de forts ressorts.

» Pour en revenir à la conservation des plots et du curseur, nous n'avons qu'un très faible entretien. Une voiture peut marcher trois mois avec les mêmes frotteurs, sans aucune retouche.

» La prise du courant s'effectue d'autant mieux que le frotteur est moins large, parce que les impuretés, grains de sable, etc., qui

s'interposent entre les deux surfaces métalliques, sont alors mieux déplacées.

» Sur la ligne, le personnel a pris l'habitude d'appeler *raté* tout arrêt momentané occasionné par la fusion d'un fil de sûreté de la voiture ou du poste de distributeur. Or ces ratés peuvent être occasionnés non seulement par un retard du distributeur, mais par un excès de débit ou d'un court circuit s'établissant entre le frotteur et la masse métallique de la voiture. Ces courts circuits proviennent d'objets métalliques qui jonchent la voie, baleines de parapluie, cercles de tonneaux, etc.; quand ce ne sont des morceaux de fer mis intentionnellement. Nous arrivons à supprimer ces courts circuits en protégeant par un isolant les parties métalliques de la voiture voisines du frotteur.

» En ce qui concerne les distributeurs, les avaries qui se sont produites au commencement étaient plutôt mécaniques; ils ne pouvaient provenir de manque de réglage, les distributeurs ne comportant aucun réglage. Nous avons commencé la construction de 150 appareils, le 15 janvier de l'année passée, pour les livrer au commencement de mai; ce délai de livraison était très court.

» Les ruptures mécaniques les plus fréquentes étaient celles des cliquets, ces derniers étaient fabriqués en acier fondu au lieu d'être en tôle d'acier estampée. Il se produisait une soufflure entre la tête du cliquet et sa tige, d'où rupture après quelque temps de fonctionnement.

» Nous nous mettons à la disposition de la Société, si elle en veut faire l'expérience, pour placer des distributeurs sous scellés. Je crois que trois ou quatre de ces postes, qui ne seraient pas ouverts pendant six mois, seraient intacts. Nous sommes obligés d'ouvrir certains postes qui prennent de l'eau, parce que nous n'avions pas pris tous les soins voulus lors de l'établissement de la canalisation. » (*Applaudissements.*)

M. le Président. — « Je remercie M. Wuilleumier de son intéressante Communication. »

M. Mekarski. — « En prenant la parole, sur l'invitation courtoise de M. le Président, je n'ai pas l'intention de répondre en détail aux

diverses critiques adressées par M. Hillairet au système de traction dont je suis le défenseur naturel : je n'ignore pas que, dans la maison de l'Électricité, il serait presque déplacé de plaider longuement la cause d'un système ne reposant pas sur l'emploi de ce merveilleux agent dont la Société a pour objet spécial d'étudier et de propager les applications.

» Je ne profiterai donc de l'occasion qui m'est offerte que pour discuter une des appréciations de M. Hillairet, dont il m'importe de démontrer l'inexactitude : celle que l'air comprimé, dans les conditions où il est employé pour la traction, n'a qu'un rendement de 15 pour 100.

» J'avoue être surpris et quelque peu attristé qu'une semblable opinion ait trouvé place dans une étude fort intéressante, écrite avec le désir sincère de présenter les choses sous un jour conforme aux faits connus. M. Hillairet me permettra de lui dire qu'il a pris ses renseignements à une mauvaise source et ne trouvera pas mauvais que je lui indique le moyen de s'assurer lui-même qu'il a été induit en erreur.

» Ce moyen, qui est à la disposition de tout le monde, consiste à suivre la marche des manomètres sur une des automobiles à air comprimé circulant entre Saint-Augustin et le cours de Vincennes, et à s'assurer de combien varie la pression dans les réservoirs de la machine, pour un parcours déterminé; on en déduira le poids d'air dépensé pour effectuer ce trajet, sachant que la contenance totale des réservoirs est de 2550^{lit}, partagés entre deux batteries : l'une de 750^{lit}, dont la pression est indiquée par le manomètre de gauche; l'autre de 1800^{lit}, dont la pression est indiquée par le manomètre de droite. On trouvera ainsi que la dépense d'air s'élève, moyennement, à 12^{kg} par kilomètre, lorsque les automobiles marchent isolément.

» Ces machines pesant environ 15 tonnes et la résistance à la traction pouvant, sur cette ligne, en raison de son profil accidenté et des arrêts incessants causés par l'encombrement des rues qu'elle dessert, être évaluée à 17^{kg} par tonne, le travail de traction moyen est de $255\,000^{kgm}$ par kilomètre parcouru, ce qui fait ressortir à $21\,550^{kgm}$ le travail utile d'un kilogramme d'air. L'aéromoteur dépense donc $12^{kg},70$ d'air par cheval-heure.

» D'autre part, la théorie indique et la pratique actuelle a con-

firmé que, pour refouler dans des réservoirs à la pression de 60^{kg}, celle à laquelle sont chargées normalement les machines dont il s'agit, un kilogramme d'air pris dans l'atmosphère, il faut employer au plus $60\,000^{kgm}$, sur l'arbre du compresseur.

» La comparaison de ces deux résultats fait ressortir un rendement d'au moins 35 pour 100, correspondant à environ 0,44, si l'on considère le travail de compression proprement dit, sur les pistons du compresseur, comme les électriciens considèrent le travail électrique mesuré aux bornes des dynamos.

» Les deux valeurs ci-dessus sont fournies par un fonctionnement *industriel*, dans lequel agissent toutes les causes qui tendent pratiquement à réduire la production utile et à augmenter la dépense. J'ajouterai que des essais récents font espérer que, dans l'avenir, le travail nécessaire pour comprimer 1^{kg} d'air à la pression de 60^{kg} pourra être réduit à environ $50\,000^{kgm}$. Le rendement s'élèvera alors à plus de 0,40, dans le premier cas, et à 0,50 dans le second.

» M. Hillairet voit combien son évaluation s'éloigne de la réalité.

» L'exploitation de Nantes, qui fonctionne depuis dix-huit ans de la façon la plus régulière, fournit des résultats en parfaite concordance avec les chiffres précédents.

» La dépense d'air des automobiles y est en moyenne de $6^{kg},25$ par kilomètre de parcours, le poids des machines étant de 10 tonnes et la résistance totale à la traction peuvant être évaluée à 0,0135, y compris l'influence des rampes. Le travail de traction est ainsi de $135\,000^{kgm}$ par kilomètre, ce qui fait ressortir à $12^{kg},50$ la dépense d'air des aéromoteurs par cheval-heure.

» Je note incidemment cette différence du simple au double entre la dépense d'énergie, par kilomètre-voiture, des automobiles de Nantes, lesquelles sont de contenance moyenne et comparables, sous tous les rapports, aux cars électriques de Rouen et du Havre, et celle des automobiles à impériale de la ligne de Saint-Augustin. Il est probable qu'on trouverait un écart analogue entre des automobiles électriques, placées dans les deux cas dans les mêmes conditions; ce qui fait voir qu'il ne serait pas légitime de tabler sur les résultats obtenus dans les villes de province pour évaluer ceux que l'on pourrait obtenir à Paris.

» En résumé, le rendement de la traction par l'air comprimé est très voisin de celui de la traction électrique; loin d'exiger des installations fixes plus puissantes, comme le pense M. Hillairet, le premier système permet de se contenter d'une puissance moindre, parce que l'on n'a pas alors, comme avec la traction électrique, à se préoccuper des à-coups se produisant dans le service.

» Je suis certain que M. Hillairet ne me saura pas mauvais gré de l'avoir éclairé sur un point capital, sur lequel il ne peut lui être indifférent d'avoir des données plus certaines que celles qu'il possédait. Électriciens ou non, tous les hommes de science ont un objectif commun, la recherche de la vérité. C'est la cause de celle-ci que je viens de plaider devant la Société, et je la remercie d'avoir écouté mes explications avec autant de bienveillance. »

(*Applaudissements.*)

M. Hillairet. — « M. Mekarski a raison de mettre en avant mon incompétence en matière de traction par l'air comprimé; je n'ai jamais eu, en effet, à étudier ni à conduire d'usine de compression d'air.

» Pour arriver à la valeur de 6^{kg} à 7^{kg} de charbon par voiture-kilomètre, que j'ai citée, j'ai dû recourir à différentes publications et faire un triage entre les évaluations optimistes et pessimistes que j'y ai rencontrées; je n'ai pas donné cette valeur sans réflexion. Je n'ai pu obtenir de la Compagnie des Omnibus les renseignements que j'espérais y avoir sur ce point.

» Ainsi que je l'ai dit dans mon résumé, quand on visite une usine de compression d'air, on est frappé du développement et de la puissance de la machinerie; l'impression qu'on emporte d'une usine pour tramway électrique à conducteur est tout autre. La comparaison des deux genres d'usines n'est pas, à première vue, à l'avantage de l'air comprimé, et l'on peut se rendre compte, sans calculs, qu'il y a une grande différence entre les deux au point de vue de l'utilisation de la puissance motrice. J'estime qu'il serait impossible de mettre en mouvement 14 automobiles de la ligne Saint-Augustin-Cours-de-Vincennes en ne dépensant que 200 ou 225 chevaux sur l'arbre des compresseurs, tandis que ce résultat, facile à constater, est obtenu en service courant sur la ligne de Romainville.

» Dans ce dernier cas, le rendement est d'environ 50 pour 100, correspondant à une dépense de combustible d'environ 2^{kg} par voiture-kilomètre. Si la dépense de combustible par voiture-kilomètre (automobile seule) s'approche de 6^{kg} à 7^{kg}, on est tenté d'en inférer que le rendement est voisin du tiers du précédent.

» Il y aurait intérêt à ce que les consommations vraies de combustible pour la traction par l'air comprimé nous fussent connues : si M. Mekarski pouvait obtenir de la Compagnie des Omnibus de nous permettre d'effectuer, avec son concours, des pesées de charbon et le comptage des voitures-kilomètre pendant une ou plusieurs journées, je me mettrais bien volontiers à sa disposition, et nous lui en serions fort reconnaissants. »

M. Mekarski. — « Je ferai observer à M. Hillairet que le rendement et la consommation de charbon sont deux choses distinctes. Quelle que soit la valeur du premier, on brûle plus ou moins de charbon suivant les conditions dans lesquelles fonctionnent les appareils de production de l'énergie, chaudières et moteurs à vapeur. Or il existe, à ce point de vue, entre les installations créées jusqu'à ce jour pour la traction par l'air comprimé et celles qui alimentent actuellement les services électriques des différences qui sont, je le reconnais, à l'avantage de ce dernier système et qui expliquent l'impression différente que M. Hillairet dit avoir éprouvée en visitant les unes et les autres.

» L'usine de Nantes a été construite en 1878. A cette époque, les machines à quatre distributeurs étaient à peine connues : on se contentait généralement de machines à tiroirs, dépensant environ $1^{kg},50$ de charbon par cheval-heure, ou davantage, et d'une allure assez lente, la vitesse du piston ne dépassant jamais $1^{m},50$. Les moteurs de Nantes, établis dans ces conditions, développent 60 chevaux, avec des dimensions qui suffisent aujourd'hui pour 150 chevaux : ils dépensent environ 100^{kg} de charbon par heure, c'est-à-dire près de 30 pour 100 de plus que n'en dépenseraient les nouveaux types, à puissance égale. Malgré ces conditions défavorables, la consommation de combustible, dans cette exploitation, ne s'est élevée l'année dernière qu'à $0^{fr},065$ par kilomètre d'automobile.

» Les usines de la Compagnie des Omnibus sont établies dans de meilleures conditions : néanmoins, la consommation de charbon, dont il ne m'appartient pas de faire connaître le chiffre exact, y est majorée par diverses circonstances. On a dû aller chercher dans le sol, à une grande profondeur, l'eau nécessaire à la condensation et, par raison d'économie, on a cru devoir employer, pour élever cette eau, des machines d'un type simple, fonctionnant presque sans détente, à échappement libre. On a perdu ainsi une grande partie du bénéfice de la condensation. Ajoutez quelques mécomptes sur la valeur des dispositions adoptées pour les machines motrices et vous comprendrez que la consommation de charbon de ces usines soit plus élevée qu'elle ne devrait l'être. J'affirme cependant qu'elle n'atteint pas le chiffre indiqué par M. Hillairet.

» Si d'ailleurs, dans certaines exploitations de province, la dépense de combustible des cars électriques ressort à environ 2^{kg} par kilomètre, chiffre dépassé dans plusieurs autres, à ma connaissance personnelle, on dépenserait probablement le double à Paris sur la ligne de Saint-Augustin.

» Une comparaison équitable ne peut porter sur des résultats dépendant de causes aussi diverses : le rendement d'un système doit être considéré en lui-même, c'est-à-dire apprécié au moyen du rapport de la puissance employée au travail accompli. La consommation de charbon ne fournit à cet égard que des indications incomplètes et souvent inexactes, car elle est susceptible, dans certains cas, d'être notablement réduite par des améliorations introduites dans le fonctionnement des machines motrices, sans que le rendement du système varie aucunement.

M. Hillairet. — « M. Mekarski vient de nous dire qu'à Nantes la consommation de charbon représente une dépense kilométrique de $0^{fr},065$, soit, probablement, 3^{kg} de charbon? »

M. Mekarski. — « Un peu moins. »

M. Hillairet. — « Comme à Paris, la dépense d'air est double, il semble bien que l'on doive y arriver à près de 6^{kg} de charbon par kilomètre d'automobile, ce qui ne diffère pas beaucoup de mon chiffre. »

M. Mekarski. — « Vous n'êtes pas fondé à tirer cette conclusion, car les installations de Paris laissent moins de marge que celles de Nantes aux améliorations. »

M. Boucherot. — « Comment M. Mekarski établit-il, pour la traction à air comprimé, le rendement de 40 pour 100? Est-ce le rapport entre l'énergie dépensée à la jante des roues et celle empruntée sur l'arbre de la machine à vapeur? »

M. Mekarski. — « Parfaitement. Je crois d'ailleurs utile d'expliquer à ce sujet que, bien qu'il n'y ait pas lieu de l'exprimer autrement, car il se peut que l'énergie soit fournie par un autre moteur primaire qu'une machine à vapeur, en réalité, lorsque c'est une de celles-ci qui est employée, le rendement se mesure au moyen de la puissance indiquée sur les pistons à vapeur : on déduit sa valeur sur l'arbre de la proportion admise pour les résistances passives, laquelle est en général de 15 pour 100.

» Ainsi, dans l'essai récent auquel j'ai fait allusion, la production d'air a été trouvée de $4^{kg},42$ par cheval indiqué; elle ressortait donc à $5^{kg},20$ par cheval effectif, en admettant que le rendement du moteur fût de 0,85. Elle peut, de même, être évaluée à $6^{kg},50$ par cheval de compression, comparable au cheval électrique, en admettant que le rendement du compresseur soit de 0,80. Sur cette dernière base, le rendement de la transmission ressortirait à $\frac{6,5}{12,5} = 0,52$, avec un aéromoteur dépensant $12^{kg},50$ par cheval-heure.

» Ce dernier chiffre serait encore dépassé si, dans les essais, l'automobile était dirigée par un des mécaniciens de la ligne de Saint-Augustin lequel a trouvé le moyen de réduire habituellement la dépense d'air de sa machine à moins de 10^{kg} par kilomètre. »

M. le Président. — « L'incident est clos. Je donne la parole à M. Vedovelli. »

M. Vedovelli. — « Messieurs, la première déduction à tirer du Rapport que, dans la dernière séance, nous a fait, avec le tour attrayant qui lui est particulier, notre distingué Secrétaire général,

M. Hillairet, est que, à l'heure actuelle, à Paris, les moyens de transport en commun sont tout à fait défectueux et que si, d'ici peu, ils ne sont pas augmentés dans une proportion considérable, leur insuffisance constituera un véritable fléau public, contre lequel il convient de se prémunir dès maintenant.

» La seconde conclusion est que l'électricité doit nous fournir la solution parfaite, et c'est la raison pour laquelle nous avons à intervenir. De plus, une question, que M. Hillairet a traitée trop sommairement au gré de nos désirs et sur laquelle M. Dieudonné est revenu, est celle des intérêts réciproques.

» La solution parfaite sera évidemment celle qui conciliera les intérêts du public et ceux des Compagnies exploitantes.

» Il est hors de doute que l'électricité par usine centrale est l'agent le plus économique de transport de force que l'on puisse trouver. Il faut créer des usines importantes où toutes les économies possibles soient réalisables, la surveillance facile et l'entretien faible; mettre ces usines en relation directe avec les voitures automobiles sans aucun intermédiaire; faire ensuite une exploitation en chapelet ou non, suivant les convenances. Par ce procédé on sera certain d'arriver promptement à donner d'abord au public toute la satisfaction à laquelle il a droit, et ensuite aux capitalistes, les bénéfices normaux que doivent et peuvent rapporter leurs capitaux.

» Notre rôle est de prendre parti, car si nous sommes des hommes que la Science pure intéresse, il ne faut pas oublier que l'industrie est la raison d'être de cette Science et que, par conséquent, nous aurions tort de négliger les questions commerciales.

» Nous devons écarter tous les systèmes de traction autres que ceux électriques essayés jusqu'à présent, et susciter des discussions sur ce point. Nous arriverons facilement à démontrer que l'électricité, par usines centrales, employée directement par la voiture, est la *seule solution possible*.

» Il est évident que les voyageurs pourront être transportés vite et bien par d'autres moyens que l'électricité; mais pourront-ils l'être économiquement?

» N'hésitons pas à répondre catégoriquement : non!

» Messieurs! Avant de continuer, j'avais l'intention d'ouvrir ici

une parenthèse dans laquelle je voulais attirer à nouveau votre attention sur l'inanité de l'expression *voiture-kilomètre,* et vous proposer une solution qui aurait l'avantage de permettre de comparer entre eux les différents systèmes, quelles que soient les conditions des expériences faites; mais, comme l'heure s'avance, je vous demanderai la permission de revenir sur cette question dans la prochaine séance, ou une autre, et je continue.

» Je viens de poser comme évident le principe suivant : savoir, que l'électricité produite par une usine centrale envoyée aux voitures, sans intermédiaires, était l'agent le plus sûr et le plus économique à employer pour la traction.

» Je crois que, dans cette assemblée, nous sommes tous ou à peu près du même avis et que, si plus tard les protagonistes d'autres systèmes viennent encore nous opposer un démenti, nous serons nombreux à leur répondre.

» Puisque cela est un fait acquis, il convient d'examiner quels sont les modes de transmission de cette électricité, les avantages et les inconvénients qui résulteraient à Paris de leurs applications respectives, et, sinon de conclure nettement en faveur de l'un d'eux, tout au moins d'indiquer la voie dans laquelle il convient de s'engager. C'est ce que je me propose de faire en quelques minutes.

» Les différents systèmes se divisent en trois catégories :

Les systèmes à caniveau,
» trolley,
» contacts.

» Les premiers essais faits en traction électrique l'ont été au moyen de caniveaux créés pour la traction funiculaire. Il existe une quantité innombrable de systèmes à caniveaux; mais ces systèmes auront toujours un inconvénient grave : leur prix prohibitif.

» Des renseignements que j'ai pu recueillir, il résulte que l'on peut établir un caniveau convenable à raison de 200000^{fr} le kilomètre environ.

» Certains inventeurs accusent, il est vrai, 100000^{fr}, mais je considère cela comme impossible.

» S'il est vrai de dire que certaines lignes justifient toutes les dépenses et que le kilomètre, coûtât-il un million, on pourrait encore gagner de l'argent à les exploiter, il n'en est pas moins vrai

que ce n'est pas la généralité des cas. Si sur certaines lignes il serait possible, à la rigueur, d'adopter le caniveau ; sur d'autres, il faudrait l'exclure. Or, il vaut mieux chercher un système applicable partout.

» D'autres critiques à soulever sont celles relatives à l'isolement. Quelles que soient les précautions prises, j'estime que l'on ne sera jamais certain, à moins de donner au caniveau des proportions exagérées, d'avoir un isolement suffisant.

» S'imagine-t-on l'effet produit dans un caniveau les jours de grandes averses, lorsque les égouts eux-mêmes sont pleins et se refusent à laisser écouler les eaux pluviales! Dans un terrain en pente, peut-être serait-on à l'abri d'un engorgement; mais en palier on ne pourrait l'assurer, et des accidents surviendraient certainement.

» M. Hillairet, dans sa dernière conférence, défendant les systèmes souterrains en général, disait que même par les grandes pluies, la chaussée étant couverte d'humidité et le caniveau plein d'eau, le fonctionnement serait bon.

» Il est très exact qu'en traction il n'est pas besoin d'isolements télégraphiques; ce qu'il importe surtout de considérer c'est la conductance des dérivations produites.

» Dans les systèmes à contacts superficiels, il n'y aura jamais qu'un plot ou pavé en communication avec la zone humide conductrice. Au moment où un plot est réuni à la source d'électricité, le précédent cesse de l'être; par conséquent, la surface offerte à la perte n'est, par voiture, que de 1^{dmq} ou 2^{dmq}. Il est donc logique de dire que, même en pleine eau, les systèmes à contacts fonctionneront bien.

» Pour les systèmes à caniveau, il n'en est pas de même et la perte dépend de la longueur immergée. Si toute la ligne est dans l'eau, il est certain qu'on ne recueillera, à l'une des extrémités, qu'une faible partie de l'énergie transmise.

» Autant il est vrai que, avec un système à contacts, la puissance de l'usine ne doit pas varier par la pluie, autant cela me semble faux pour les systèmes à caniveau, et surtout à petit caniveau.

» L'expérience est d'ailleurs facile à faire : il suffit de prendre une ligne nue à 500 volts, par exemple, et d'immerger sur chaque pôle

quelques décimètres carrés. Le courant dérivé sera de peu d'importance; si toute la ligne au contraire est immergée, il sera facile de constater une perte appréciable.

» Les personnes qui ont eu l'occasion de faire des transports de force ou de lumière un peu longs savent très bien que, par les temps humides, il y a des dérivations assez sensibles pour influer quelquefois sur le rendement. Vous voyez ce qui peut en être si les fils baignent complètement dans l'eau. Enfin, il y a des critiques d'ordre mécanique à faire sur les systèmes à caniveau; mais, comme il appartient à l'expérience de se prononcer en cette matière, je n'insisterai pas.

» Le plus sérieux écueil vient du rapprochement inopiné des lèvres de l'ouverture.

» La poussée du pavage en bois, dans les voies fréquentées, atteint des chiffres tellement grands que, souvent, la voie Marsillon elle-même, composée de deux rails jumelés par des coussinets placés tous les $0^{m},60$ environ, se resserre visiblement.

» En voici l'explication : les pavés sont en bois debout, c'est-à-dire que les fibres sont perpendiculaires au sol. Sous l'action des chocs réitérés des sabots des chevaux, du passage des voitures, certaines fibres se rompent et rentrent les unes dans les autres comme une infinité de coins très aigus. L'humidité n'est pas suffisante pour expliquer la poussée du pavage en bois, car dans les voies fréquentées cette poussée est beaucoup plus sensible que dans les voies non fréquentées; or l'humidité est la même partout. La force développée par ce coincement est considérable. Vous avez certainement remarqué sur certains trottoirs des boursouflures près de la bordure en granit; elles sont produites par la poussée du pavé de bois. On remédie à cela en laissant, dans le ruisseau, un intervalle de quelques centimètres rempli de sable.

» Des essais de caniveau viennent d'être faits rue de Châteaudun et vous pouvez voir qu'à certains endroits les deux rails, qui forment l'ouverture, ont un écartement légèrement moindre qu'à d'autres.

» Étant donné ce qui précède, on est en droit de se demander si, pour donner au caniveau une solidité suffisante, on ne serait pas conduit, dans certains cas, à dépenser des sommes encore plus élevées que celles citées tout à l'heure.

» Le caniveau n'est donc pas du tout la solution parfaite cherchée.

» Dans l'ordre chronologique, nous arrivons maintenant au trolley.

» Il est un fait incontestable, c'est que l'on obtient avec ce système des résultats favorables : installation peu coûteuse, rendements bons, surveillance facile, entretien relativement faible. C'est donc le système qui, au premier abord, semble concilier les fameux intérêts des Compagnies et du public.

» J'aurais mauvaise grâce à nier les résultats obtenus en Amérique et dans quelques villes de France.

» Cependant, je considère le trolley comme tout à fait inapplicable à Paris ; et j'espère que vous arriverez à partager ma conviction, lorsque je vous en aurai exposé les motifs.

» Notez bien que je parle sans aucun parti pris ; car je préférerais encore subir le trolley, plutôt que de voir les Parisiens faire leurs courses à pied ; mais je suis convaincu que l'on doit et que l'on peut faire mieux.

» En première ligne des inconvénients du trolley, se trouve l'enlaidissement des voies.

» Il est certain que la première impression causée par la vue d'une ville où le trolley sévit est mauvaise.

» S'il se trouve parmi vous, Messieurs, une personne indépendante et qui n'ait jamais vu une telle installation, qu'elle aille à Rouen par exemple et qu'elle s'arrête à un carrefour où deux voies se croisent; elle aura l'impression très nette de cordes tendues pour faire sécher le linge, ou de ficelles pour supporter des lampions, un jour de fête nationale.

» Le mois dernier, l'honorable M. Regnard disait ceci :

« Je suis persuadé que si l'on installait une ligne à trolley sur les « boulevards de la Madeleine à la Bastille, il n'y aurait pas un com- « merçant du parcours qui, au bout d'une année, s'élèverait contre « et le trouverait laid. »

» C'est possible, mais cela ne prouve qu'une chose : c'est que l'on s'habitue à tout, même aux pires inconvénients.

» Ce grand argument des protagonistes du trolley, qui consiste, quand on leur parle du peu d'harmonie de leurs fils et haubans, à

dire que l'on s'y habitue, est donc un argument de peu de valeur et auquel il convient de ne pas s'arrêter.

» Les Parisiens sont jaloux de la beauté de leur ville, et à juste titre; ils dépensent tous les ans des sommes énormes pour son embellissement et son entretien. Il ne faut pas permettre, à aucun prix, que l'on vienne briser l'harmonie des voies, surtout quand on peut faire autrement.

» Permettriez-vous, par exemple, que, dans votre salon, on vienne tendre un filet devant vos tableaux? Pourquoi consentiriez-vous qu'on vienne en poser un devant vos monuments?

» L'installation du trolley est laide, dans toute l'acception du mot; il faut que ce soit une chose bien établie et comprise de tout le monde.

» Je ne suppose pas que les défenseurs du trolley eux-mêmes, s'il s'en trouve encore, donnent comme un spectacle réjouissant cette longue théorie de poteaux, de tendeurs, de haubans, de fils, qui se multiplient et coupent toute perspective; et oseraient-ils le faire qu'il ne faudrait voir là qu'un plaidoyer intéressé, le *Prenez mon ours* traditionnel.

» Je sais très bien que l'on commencera par dire : « Nous ins-
» tallerons une ligne seulement avec potences ; il n'y aura pas de fils
» tendeurs traversant les rues. » Sachez bien que ce ne sera là qu'un début; les lignes de trolley seront d'abord confinées à la périphérie de la Ville; puis, petit à petit, s'achemineront vers le centre. Une première place traversée en appellera une autre; une première ligne en croisera une seconde, puis une troisième, etc. ... Un beau jour, Paris se réveillera couvert d'une véritable toile d'araignée.

» Installer un trolley sans que les fils traversent les places n'est pas une solution logique, car, en effet, si l'on est obligé de recourir à un autre moyen, on est naturellement conduit à se demander si cet autre moyen n'est pas le bon, et s'il ne serait pas préférable de recourir exclusivement à lui. Il faut quand même continuer à fournir le courant à la voiture, soit par un caniveau, soit par des contacts.

» M. Regnard disait la dernière fois que, dans de nombreux cas, la vitesse acquise suffirait à faire dépasser la zone déporuvue.

» Je considère cela comme fantaisiste, car, presque toujours aux

carrefours, il y a encombrement et, par conséquent, obligation de ralentir sinon d'arrêter. M. Regnard disait également que si la vitesse acquise ne suffisait pas, on pourrait employer une petite batterie d'accumulateurs de 200^{kg} à peine.

» Je suis d'accord avec lui en ce qui concerne le poids que je trouve suffisant; mais il ne faut pas oublier que l'on marche à 500 ou 600 volts; et je vois difficilement une petite batterie de 300 *éléments* sur la voiture, laquelle ne serait pas sans présenter de nombreux inconvénients.

» Donc il est bien démontré que le trolley ne peut être employé seul; le tolérer serait du vandalisme.

» Vous imaginez-vous les grands boulevards, les carrefours si animés Sébastopol-Rivoli, Turbigo-Sébastopol, les places de la Bastille, de la République, de la Madeleine, de la Concorde, traversées par les lignes du trolley? Placez-vous, par la pensée, rue Royale; regardez la magnifique perspective des quais et du Palais-Bourbon, et supposez un instant la ligne Louvre-Versailles installée en trolley. Il vous sera impossible certainement de penser que l'on puisse s'y habituer.

» Nous avons une ville unique au monde; conservons-la.

» Des inconvénients d'un autre ordre résident dans le danger; quoi que puissent dire les installateurs spéciaux, il y a danger et danger sérieux. Il serait oiseux de vous signaler les nombreux accidents qui se sont produits; ils sont légion; et, comme neuf fois sur dix ils sont étouffés par les intéressés, une faible partie seulement vient à nos oreilles.

» Un courant passager de 500 à 600 volts est simplement douloureux pour les hommes; mais il est souvent mortel pour les animaux.

» Qui peut prétendre que jamais un fil ne cassera?

» Les coupe-circuits de sûreté dont on parle sont un leurre, car, en admettant qu'ils fonctionnent, ils coupent le courant à une partie du réseau, sinon au réseau tout entier, et il est inadmissible de penser que, pour un accident local, toute une ligne de 10^{km}, par exemple, puisse être arrêtée.

» Dans Paris, la circulation est si active que les accidents seraient forcément nombreux. C'est incontestable; et il serait trop tard d'attendre qu'un malheur soit arrivé pour en convenir. D'autre part,

a-t-on le droit, sinon en fait, du moins en esprit, de limiter ainsi la hauteur des voitures publiques et privées?

» Les véhicules qui traversent Paris et qui dépassent la hauteur maxima des fils de trolley sont nombreux; et l'on s'imagine facilement ce qui arriverait, par exemple, d'une voiture de paille passant sous un fil de trolley, pour peu qu'une chaîne en communication avec la masse maintienne le chargement et vienne en contact avec le fil. Ce serait un incendie inévitable.

» On peut invoquer comme défense qu'ailleurs on s'en trouve bien; mais ce qui est possible à la grande rigueur dans une ville de province ne l'est pas dans une métropole comme Paris. Si l'on nous répond qu'en Amérique il est des villes où le trolley existe, qui sont analogues comme circulation, nous répondrons que les voies y sont trois fois plus larges et que, d'autre part, il n'est pas prouvé que les Américains en soient si contents, car la nouvelle nous est venue qu'ils cherchent maintenant autre chose et qu'ils enverront bientôt poteaux et trolley rejoindre les vieilles lunes.

» La ville de Boston vient de décider que, d'ici 1900, il fallait que tous les fils de trolley soient supprimés et remplacés par des systèmes souterrains. Or, pour que les Américains en soient arrivés là, il faut que d'impérieuses raisons les y obligent.

» D'autre part, je détache du journal *le Moniteur de l'industrie du gaz et de l'électricité* du 15 décembre 1896, d'un article intitulé : *La traction électrique et les incendies,* très documenté, les quelques lignes suivantes :

» Une Commission d'experts, désignés par l'*International Association of fire Engineers* d'Amérique, pour étudier le système de traction avec trolley au point de vue des incendies, vient de déposer son rapport. En voici les points principaux :

« Les fils aériens obstruent le passage des secours et, quand on » les coupe pour passer, ils deviennent une source de dangers. »

» Et plus loin :

« En résumé, la Commission demande aux autorités municipales » de s'efforcer d'enrayer les progrès de ce système; elle appelle » leur attention sur les inconvénients graves auxquels donne lieu » son usage. »

» Si nous ignorions cette réaction particulière qui se produit actuellement de l'autre côté de l'Océan, et en admettant même qu'elle n'existe pas, nous pourrions objecter encore que les Américains ne passent pas pour avoir des goûts très raffinés, eux qui, en architecture, apprécient moins le style d'une maison que ses dimensions gigantesques,

» Notre Conseil municipal nous a fait dépenser des sommes considérables pour faire passer les fils téléphoniques et télégraphiques dans les égouts; or, *il s'agissait de fils fins placés à plus de* 30^{m} *du sol,* dont la chute, bien improbable d'ailleurs, n'offrait absolument aucun danger.

» D'autre part, toutes les personnes parmi nous qui ont assisté aux débuts des Secteurs de Paris, savent avec quelle âpreté la défense de passer le moindre fil aérien a été faite. Je ne critique pas ces décisions, au contraire; mais si le Conseil municipal autorisait aujourd'hui l'installation du trolley dans Paris, je dis qu'il ferait une pétition de principe, irait contre ses propres décisions, contre l'intérêt et la sécurité du public et commettrait une faute lourde.

» Si l'on installait, comme semblait le désirer M. Regnard, la ligne Madeleine-Bastille en trolley, ou par tout autre système aérien, je vous engagerais à demander à l'Administration le droit d'éclairer les habitants de votre rue, en passant un fil extérieur au niveau du premier étage; et je voudrais savoir quelles objections sérieuses on pourrait faire, qui ne seraient pas réversibles sur le trolley.

» Il ne faut admettre, en quoi que ce soit, l'application du trolley; ce serait contraire au goût des Parisiens et aux intérêts de tout le monde, sauf peut-être, et encore, à celui des personnes qui l'installent.

» N'ayant plus aucune raison d'intérêt général pour nous rallier à un système qui n'offre aucune possibilité d'amélioration ni de progrès à réaliser, nos efforts doivent tendre vers des procédés de traction qui, tout en étant aussi économiques, présenteront des garanties de fonctionnement équivalentes, une sécurité plus grande, et surtout une élégance qui fait complètement défaut au trolley.

» J'arrive maintenant, Messieurs, aux plus récents dispositifs d'adduction du courant aux tramways; je parle des contacts à fleur de sol.

» Vous connaissez leur principe général : entre les rails, on place des pavés métalliques susceptibles d'être mis en communication avec le conducteur principal ; et l'on s'arrange de manière que la jonction, avec ce conducteur principal, n'ait lieu qu'au moment du passage de la voiture seulement.

» Il est étonnant que ces systèmes n'aient pas pris plus tôt l'extension à laquelle ils ont droit ; car il y a plus de dix ans que les premiers ont été inventés.

» La raison de leur lenteur à se faire jour réside, à mon avis, dans leur apparente complication.

» Tout le monde, en voyant une ligne de trolley, en comprend le fonctionnement; il n'en est pas de même pour les systèmes à contacts, qui exigent un léger effort d'imagination.

» Je suis intimement persuadé que ces systèmes peuvent fonctionner parfaitement sans interruption aucune; et si je n'avais pas eu cette conviction, je ne me serais pas fait ici l'interprète de la majorité des électriciens en m'élevant contre l'introduction du trolley à Paris; car il faut avant tout que la traction électrique se fasse jour vite et bien, et je prétends, c'est l'avis d'un grand nombre d'entre vous, que ce résultat s'obtiendra par les systèmes à contacts et par ceux-là seulement.

» Notez bien que je n'entends pas faire l'apologie de tel ou tel système; je m'arrête seulement au principe général.

» Toutes les critiques qu'il soit possible de formuler sur ces systèmes se résument à des critiques purement techniques.

» Il n'y a là aucune question d'esthétique ni de danger. L'installation une fois faite, rien n'offensera la vue et la voiture avancera, pour ainsi dire magiquement, sans cause apparente, sans trouble, sans gêne, sans bruit ni odeur.

» Voilà, en somme, le problème à résoudre : placer des interrupteurs dans le sol et les faire fonctionner automatiquement au moment voulu.

» On ne prétendra pas qu'il y a là une difficulté invincible. Lorsque l'on voit un appareil, aussi compliqué qu'un appareil télégraphique, fonctionner pendant des années sans se déranger, on ne s'imagine pas qu'il puisse y avoir une impossibilité matérielle à la réalisation de ce programme. L'expérience de l'avenue de la Répu-

blique est, d'ailleurs, trop concluante, pour que l'on puisse douter de l'avenir des systèmes à contacts.

» Ce qu'il faut chercher maintenant, c'est à perfectionner suffisamment ces systèmes, pour que leur emploi puisse se généraliser rapidement.

» Il faut arriver à combiner un dispositif simple, économique, de construction et de pose faciles, d'entretien insignifiant et présentant toutes les garanties de fonctionnement désirables.

» Les systèmes qui existent sont ingénieux, marquent un pas en avant, mais ne répondent pas à tous les desiderata. Ils présentent certains inconvénients qu'il convient de signaler.

» Leurs auteurs respectifs les connaissent sans doute; aussi, je les supplie de ne voir, dans les critiques que je vais me permettre de formuler, aucune intention désobligeante, mais seulement le désir sincère de faire naître parmi les inventeurs l'émulation nécessaire à la procréation du système parfait.

» Le système Wuilleumier, pour commencer par lui, est connu de vous tous ici. Il a été décrit sous tous ses aspects et fonctionne depuis plusieurs mois. Si quelques accrocs sont survenus au début, ils sont imputables seulement à ces petits défauts d'exécution, sans importance, inhérents à toute innovation.

» Un inconvénient du système Wuilleumier, inconvénient commun d'ailleurs à tous les systèmes à distributeurs, est d'exiger un écartement de 100^m environ entre les voitures successives. Dans une exploitation très peu dense, cet inconvénient n'est pas grave; mais, sur les lignes très fréquentées, il acquiert une telle importance, que les systèmes à distributeurs doivent être forcément écartés.

» En effet, sur des voies comme les boulevards de Strasbourg, ou Voltaire, les quais, l'avenue Kléber, les boulevards extérieurs, le boulevard Saint-Germain, le boulevard Saint-Michel, la rue Lafayette, etc., où plusieurs lignes ont un parcours commun, il arrive à chaque instant que les voitures se suivent à 10^m d'intervalle au plus; s'il fallait qu'il y eût au moins 100^m entre deux voitures consécutives, la circulation serait tout à fait impossible.

» Il convient de remarquer, en outre, qu'en admettant qu'un distributeur commande 100^m de voie, il faut au moins, entre chaque voiture, 140^m à 150^m; car, en supposant que les voitures soient

séparées exactement par la capacité d'un distributeur, si la première voiture s'arrête, la seconde, non prévenue, continue sa marche et s'engage sur la portion de voie commandée par le même distributeur que la première. Donc, elle s'arrêtera à son tour et, quand la première repartira, elle restera en place. Pour la faire démarrer, il faudra se rendre au distributeur, placer à la main le commutateur dans la position voulue et, accessoirement, remplacer le plomb fusible qui, peut-être, sera fondu dans le distributeur précédent, placé à 100^m en arrière.

» Toutes ces manipulations prendront du temps, et vous voyez l'encombrement qui pourrait en résulter sur certaines lignes.

» Ce grave inconvénient suffit à exclure ce système des voies fréquentées; car, en admettant qu'on double le nombre des distributeurs, il faudrait au moins, en moyenne, 80^m entre les voitures, ce qui est encore beaucoup trop.

» Je désire encore attirer votre attention sur quelques dispositions exclusivement mécaniques qui, à mon sens, ne sont pas parfaites.

» Je trouve d'abord que la construction du pavé de contact laisse à désirer; l'usure n'est pas insignifiante et, certainement, d'ici quelque temps, il faudra en remplacer un grand nombre. Or, ce remplacement sera long et difficile, exigera la réfection de la chaussée et occasionnera certainement des ennuis. Il faudrait trouver une disposition qui prévoie ce remplacement d'une façon commode et rapide. De plus, la façon d'isoler le pavé est un peu primitive; j'aimerais en voir une qui le soit par sa construction même, sans qu'il soit utile de couler autour un bitume plus ou moins homogène, plus ou moins résistant, qui, au bout de quelque temps, risque de se détruire et de ne plus être utile à rien.

» Un autre point à critiquer est la constitution du frotteur.

» Je ne sais si, parmi vous, il se trouve des personnes qui demeurent avenue de la République, mais j'y ai des amis et je vous certifie que le soir, lorsque la circulation générale n'est plus active, on entend, à une distance considérable, le bruit très accentué que fait le frotteur en passant sur les plots. Ce bruit est beaucoup trop fort; il faut l'atténuer. Je ne sais si, dans les autres systèmes à contacts, on y arrive; toujours est-il que, dans le système Wuilleumier,

le frotteur est critiquable et que ceux qui l'exploitent doivent le perfectionner, s'ils veulent se conserver les sympathies du public.

» Enfin, je trouve la protection des distributeurs insuffisante; non pas en ce qui concerne leur construction même, que je n'ai pas examinée, mais en ce qui concerne leur installation. Ils sont dans une boîte en fonte, sans aucune garantie, exposés à l'eau, à l'humidité. J'aimerais à les voir recouverts d'une cloche avec joint hydraulique, analogue à la cloche employée par la Compagnie Westinghouse pour couvrir ses commutateurs.

» A part ces légères critiques, la conception du système est simple et le fonctionnement peut être bon.

» La Compagnie Westinghouse qui exploite, comme vous le savez, le système Wheless, résout la question au moyen de commutateurs automatiques, en nombre égal à celui des plots utiles. L'artifice, très ingénieux également, employé d'ailleurs par d'autres inventeurs, consiste à placer sur la voiture une petite batterie d'accumulateurs laquelle, par l'intermédiaire d'un deuxième frotteur et d'une deuxième série de contacts auxiliaires placés sur le sol, actionne le commutateur.

» Le fonctionnement peut être bon évidemment, mais je le considère comme moins certain que dans le système Wuilleumier; et en voici la raison :

» La bobine du commutateur n'a qu'une résistance relativement faible; on ne dispose, sur la voiture, que d'une force électromotrice de quelques volts pour y faire passer le courant; en sorte qu'il peut très bien arriver que, pour une cause quelconque, le contact n'ait pas lieu ou soit mauvais et que le courant soit supprimé à la voiture. Il est juste de dire que quelques mètres plus loin, sur le plot suivant, elle le retrouvera à nouveau; mais il n'en est pas moins vrai qu'il y aura eu interruption du courant sur le véhicule, ce qui ne sera pas sans inconvénient pour les moteurs. Ou bien encore par la neige quand on jette du sel, étant donnés le peu d'écartement entre deux plots, le peu de résistance de la bobine en fil fin et la grande force électromotrice du réseau : il pourra souvent arriver que le plot reste excité, non par la batterie d'accumulateurs, mais par le courant principal lui-même.

» Il va sans dire que l'on doit supposer la batterie d'accumulateurs

toujours chargée et en bon état; car si, pour une cause quelconque, elle venait à manquer, la voiture s'arrêterait. A ce point de vue, je préfère le système Wuilleumier qui ne nécessite aucun organe accessoire.

» D'autre part, une remarque à faire est la suivante : cette batterie d'accumulateurs n'est que de quelques éléments; en sorte que sur la voie, sans la présence de la voiture, il sera facile de donner le courant au moyen d'une simple batterie de piles également de quelques éléments, en mettant un pôle sur le rail et l'autre sur le plot. Le premier venu pourra le faire sans difficulté.

» Je sais que l'on m'objectera qu'il est peu probable que quelqu'un s'amuse à cela; mais il n'en est pas moins vrai qu'en examinant une voie qui serait installée suivant ce système, on pourrait se dire : « Il y a là deux plots, dont l'un peut être amené à un potentiel dange- » reux au moyen d'une simple batterie de piles »; et j'estime que des accidents seraient possibles et peut-être même des fraudes. En effet, aujourd'hui que les questions d'automobilisme sont à l'ordre du jour, et que l'on fait des accumulateurs qui se chargent en un quart d'heure, qui empêcherait le propriétaire d'une voiture, marchant par accumulateurs, comme celle décrite tout à l'heure par M. Krieger, par exemple, de s'arrêter, à plusieurs reprises, au-dessus de la voie et, au moyen de deux pointes invisibles ou presque, donner, d'une part, un peu de courant à un des plots et, d'autre part, charger les accumulateurs sur l'autre, en absorbant l'excès de tension dans une résistance. Il serait matériellement impossible de s'en apercevoir et cela ne manquera sûrement pas d'arriver.

» Quoique cela vous surprenne, un fait analogue vient de se produire en Allemagne, et, chose curieuse, l'accusé a été acquitté, sous le prétexte bizarre que, dans ce cas, l'électricité étant une chose impondérable, il n'y avait pas eu vol.

» Enfin, ce système exige deux frotteurs et deux rangées de plots, au lieu d'une; aussi je crois qu'il doit être plus coûteux que le premier.

» Je ne vous cache pas que mes préférences iraient au système Wuilleumier, si, dans ce système, les voitures pouvaient s'approcher; car il est, à mon sens, plus propre à l'économie et plus certain comme fonctionnement.

» Nous arrivons maintenant aux systèmes à action magnétique directe, dont le Diatto est un des nombreux échantillons.

» *A priori*, ils semblent réunir les avantages des précédents, sans en avoir les inconvénients. Néanmoins, leur principe très ingénieux demanderait à être accompagné de dispositions aussi ingénieuses, qui leur assureraient un bon fonctionnement.

» Dans ces systèmes, le frotteur placé sous la voiture est fortement aimanté, soit par une dérivation du courant principal, soit par le courant principal lui-même avant d'aller au moteur, soit enfin par des aimants permanents.

» Ce frotteur, en passant sur les plots, leur communique son aimantation ; ils attirent à leur tour une partie mobile en communication avec le feeder qui fournit le courant. On le voit, c'est simple, mais c'est également très délicat à réaliser. En première ligne, il est très difficultueux de placer convenablement le commutateur dans le plot même; l'isolement et la solidité doivent être impossibles à obtenir d'une manière certaine.

» De plus, le contact dans l'intérieur du commutateur sera toujours mauvais; car l'aimantation, qui devra traverser une grande épaisseur de fonte, n'aura pas une puissance considérable. Il est vrai de dire que, de deux choses l'une : ou la voiture débite beaucoup, et, dans ce cas, elle marche vite, et alors il n'y a qu'un faible inconvénient à ce que le contact soit défectueux; ou bien la voiture marche lentement et débite peu, dans ce cas le contact laissera passer facilement les quelques ampères nécessaires.

» Cependant, dans les cas de démarrages ou de rampes, le contact pourra être prolongé et laisser passer une grande quantité de courant; et alors l'inconvénient que je signalais tout à l'heure peut occasionner des désordres d'autant plus graves qu'il sera presque impossible d'y porter remède sans être dans l'obligation de défoncer la chaussée.

» En effet, le commutateur est très exposé; on ne peut répondre qu'il n'y arrivera jamais rien d'anormal. Supposez que la voiture étant arrêtée, elle ne puisse repartir; le commutateur étant détérioré pour une cause quelconque, se trouvant sous la voiture, on ne peut y atteindre; il faudra que les voyageurs descendent et poussent eux-mêmes, au besoin, le véhicule; et neuf fois sur dix, quand un

appareil sera détérioré, on ne s'en apercevra que lorsqu'une voiture sera au-dessus. La gêne produite de ce fait sur les voies fréquentées peut être très grande.

» Enfin, qui pourra répondre que jamais le magnétisme rémanent ne maintiendra le courant, quelles que soient les précautions prises?

» Dans ce système, il sera impossible d'établir, comme dans le système Wuilleumier, un dispositif de sûreté basé sur la fusion d'un plomb; en effet, ce plomb ne peut être placé que dans le commutateur, au milieu de la chaussée; or son remplacement présenterait, pour les mêmes motifs que plus haut, de sérieuses difficultés.

» Enfin, Messieurs, les mêmes inconvénients que pour le système Wheless subsistent ici : en employant un aimant permanent ou un électro-aimant, il serait possible d'obtenir le courant sans difficulté. Je le répète, cela ne présente pas une gravité excessive; mais je suis persuadé que ces systèmes donneront au public l'impression d'un manque de sécurité : d'un réservoir de gaz dont le robinet serait accessible à tout le monde ou d'un réservoir d'eau dont la paroi serait trop mince.

» Quoiqu'il existe beaucoup d'autres systèmes, je termine ici mon énumération, car ceux qui peuvent fonctionner sérieusement entrent dans les catégories que je viens de vous résumer et soulèvent, au moins, les mêmes critiques.

» Messieurs, de l'examen sommaire que je viens de faire, je crois que l'on peut facilement déduire les conditions que devra remplir le système parfait.

» Tout d'abord, il faut écarter les systèmes à action magnétique directe; car il ne faut pas songer, dans une ville à circulation active, à placer les appareils eux-mêmes au milieu de la voie; j'en ai développé les motifs tout à l'heure. De même, il faut reléguer les systèmes à distributeurs sur les voies de trafic minime. Le système parfait consistera dans l'emploi d'une seule rangée de plots entre les voies; ces plots devront être étudiés de manière à être facilement changeables et joindre, à un bon isolement, une très grande solidité.

» Il faut, en outre, que le frotteur soit absolument silencieux et

ne fasse pas plus de bruit qu'un sabot de fer frottant sur le rail ;

» Que les appareils de manœuvre puissent être placés sur les trottoirs ou les refuges ; d'un changement et d'un accès faciles ; à ce point de vue, le système Weless est très bien étudié ; seulement il faut, contrairement à ce qui existe dans ce système et d'autres analogues, que ces appareils fonctionnent au moyen d'une dérivation du courant principal, et non au moyen d'une batterie d'accumulateurs, ni par le courant du moteur lui-même.

» Il faut encore que les appareils soient simples, robustes, légers, économiques, interchangeables, et bien garantis de façon que, même exposés à l'eau, ils puissent fonctionner.

» Enfin, l'organe de sûreté devra fonctionner autant que possible autrement que par la fusion d'un plomb, afin d'éviter la suggestion d'avoir à le remplacer : par un organe magnétique, par exemple.

» Voilà, en quelques mots, le champ d'investigations à parcourir. Pour vous faciliter peut-être la tâche dans vos recherches, je dois vous affranchir d'une préoccupation.

» A mon avis, il n'est pas indispensable en général que, sur une voie déterminée, les voitures puissent, à tous moments, aller dans les deux sens.

» En effet, vous savez qu'à Paris, car c'est Paris qui nous occupe particulièrement à l'heure actuelle, presque toutes les lignes sont à deux voies, et que celles qui sont à voie simple présentent de nombreux garages ; par conséquent la règle est la double voie, la voie simple est l'exception. Dans le système auquel il convient de faire jour, une voie sur laquelle les voitures iront dans un seul sens sera la règle, et la voie sur laquelle la marche se fera dans les deux sens sera l'exception. Ce qu'il faut, c'est que la disposition des organes électriques permette, le cas échéant, la marche dans les deux sens.

» Jamais les tramways n'ont à reculer une fois partis ; il n'y a qu'un encombrement ou une erreur d'aiguillage qui puissent les obliger à reculer de quelques mètres.

» Je sais bien que l'on a songé à disposer les deux voies parallèles, de telle sorte qu'au moyen de raccordements les voitures puissent passer sur l'une ou l'autre voie. Cette disposition aurait pour but de ne pas interrompre le trafic quand un obstacle se présente ; mais il

est à remarquer que neuf fois sur dix, pour ne pas dire quatre-vingt-dix-neuf fois sur cent, quand un obstacle se présente, il obstrue les deux voies; en sorte que l'on est obligé d'attendre que l'obstacle soit enlevé pour reprendre la circulation.

» La vraie solution consiste, à mon avis, à assurer un prompt déblayement de la voie en cas d'accident.

» Enfin, il conviendrait que la disposition des organes soit telle que, sur une voie unique avec garages, deux voitures marchant en sens contraire ne puissent s'engager sur même portion.

» Messieurs, je me résume en quelques mots :

» Urgence de la question de la traction électrique à Paris, impossibilité absolue de l'emploi du fil aérien; inconvénients graves des systèmes à caniveau, succès certain d'un bon système à contact, et par suite urgence de trouver un système à contact parfait, qui ait les avantages des systèmes existants, sans avoir leurs inconvénients.

» Ce système devra :

» 1° Comporter une seule rangée de plots,

» 2° Un seul frotteur silencieux,

» 3° Permettre aux voitures de s'approcher,

» 4° Posséder un organe de sécurité automatique;

» 5° Enfin, accessoirement, ne pas permettre, sur une voie unique, la rencontre de deux voitures.

» Voilà, Messieurs, le programme général des questions à résoudre.

M. le Président remercie M. Vedovelli.

M. Regnard. — « Je remercie l'Assemblée de vouloir bien, malgré l'heure avancée, m'accorder la parole; je m'efforcerai de n'en pas abuser. C'est avec une réelle satisfaction que je constate le sérieux appoint apporté par l'intéressante Communication de M. Maréchal aux idées que j'ai pris la liberté de vous exposer dans la précédente séance.

» Bien que la certitude de voir incessamment la traction électrique avec trolley faire son entrée dans Paris, jusqu'à la place de la Bastille, puisse être considérée comme le gage d'une future et

rapide extension de cet utile progrès, je persiste à regretter que l'expérience s'en fasse aussi timidement, et non pas d'emblée, comme je l'eusse désiré et comme je le proposais, sur nos grands boulevards, sans fils transversaux de support, bien entendu, et en utilisant, comme je vous l'ai indiqué, les refuges existants et leurs candélabres. La cause eût été ainsi plus vite gagnée, au grand profit de la masse intéressante du public, et malgré les clameurs peu raisonnées des champions de la vénérable mais gênante esthétique.

» De ce qu'ailleurs le système à trolley peut pécher par l'aspect, il ne résulte pas qu'on doive le rejeter *a priori;* il suffit de faire mieux, et je crois vous avoir démontré combien cela serait facile. Parisien, aussi jaloux que quiconque de la beauté de la capitale, je désire aussi la voir conserver son rang à la tête du progrès au lieu de se laisser emprisonner par la routine, et je souhaite ardemment voir Paris profiter enfin des ressources inappréciables que nous offrent des procédés de transport en commun absolument pratiques et utilisés aujourd'hui dans le monde entier. Je regrette donc de voir avec quelle facilité on continue en France à se payer de mots au lieu de faits; et je persiste à croire que l'augmentation notable de la vitesse du transport de plusieurs millions de voyageurs et la réduction non moins intéressante du prix de ce transport ne sont pas à mettre en balance, sous un vain prétexte d'esthétique, avec deux fils tendus de la Bastille à la Madeleine, interrompus même, au besoin, à telle ou telle place, comme devant l'Opéra.

» Vienne ensuite à se présenter un nouveau progrès, vous me trouverez aussi disposé à l'accepter; encore faudra-t-il qu'il soit une réalité et non un rêve comme celui que vous a décrit un précédent orateur, réunissant toutes les qualités, n'ayant aucun défaut ni inconvénient, mais... qui est encore à réaliser.

» M. Lauriol vous a présenté le système à caniveau comme lui semblant préférable pour Paris; je ne puis partager cette opinion, ne fût-ce qu'en raison du coût très élevé d'établissement de ce système. Il ne suffit pas, à mon avis, de supputer ce que rapportera une ligne pour en conclure qu'on puisse dépenser sans compter pour la construire; un tel raisonnement ne serait admissible que si l'on ne pouvait absolument pas faire cette ligne plus économiquement; et le but le plus honorable que puisse se proposer un ingé-

nieur est, à mon sens, de réaliser le maximum d'utilité avec le minimum de dépense. Je crois, d'ailleurs, qu'il ne sera pas aussi aisé qu'on le suppose de maintenir la régularité de la fente réservée au passage des prises de courant dans le caniveau; les grosses difficultés du début du funiculaire de Belleville ont eu précisément pour cause le resserrement des bords de la fente qui donne passage au grip; et là il ne s'agissait pas de pavés en bois, mais bien d'un pavage en grès nouvellement et soigneusement refait, que la gelée, en dilatant l'eau infiltrée dans le sable, suffisait pourtant à faire bouger.

» On vous a parlé tout à l'heure du pavage en bois, en attribuant à je ne sais quel glissement des fibres formant coin la pression exercée latéralement par ce pavage, poussée qui a occasionné au début le refoulement des trottoirs et le renversement de leurs bordures de granit. Permettez-moi de vous dire que j'ai pris une certaine part, bien modeste peut-être, à l'introduction du pavage en bois à Paris, et que je ne saurais admettre cette théorie. La vraie et unique cause du gonflement du pavé de bois, c'est l'humidité, et nul de vous n'ignore la puissance de cette force de capillarité du bois, force que mettent à profit les carriers pour détacher d'énormes blocs avec quelques coins en bois enfoncés à sec dans des trous ou rainures, puis simplement arrosés.

» Je terminerai en complétant ce que je vous disais dans la dernière séance en faveur de la traction mécanique envisagée comme un moyen de désencombrer nos voies, et notamment les grands boulevards, grâce à la canalisation, pour ainsi dire, qui en résulterait forcément, à mon avis, pour la circulation. Légèrement élargis, les refuges formeraient, à tous les points d'arrêt du tramway à traction mécanique, un trottoir d'arrivée et de départ pour les voyageurs; entre ces refuges pourrait être reporté dans l'axe de la chaussée, comme cela existe à Londres et ailleurs, le stationnement des fiacres dont les longues files encombrent aujourd'hui sur tant de points le bord des trottoirs, et la chaussée se trouverait ainsi régulièrement et normalement divisée en deux parties ayant chacune son courant normal de circulation dans un seul sens. L'utopie d'hier sera la vérité de demain; on peut entraver, retarder la marche du progrès, on ne parviendra pas à l'arrêter; et j'espère que les innombrables

étrangers qui viendront en 1900 à Paris visiter notre grande Exposition trouveront notre capitale dotée, non pas de je ne sais quel Métropolitain bâtard et ruineux, mais bien d'un magnifique réseau de tramways à traction mécanique, tramways dont la plus grande partie sera mue par l'électricité. » (*Applaudissements.*)

M. le Président. — « M. Bochet, consentant à reporter son tour de parole à notre prochaine réunion, j'ai l'honneur d'informer mes Collègues que notre Société se réunira le 20 janvier pour continuer la discussion de la Communication de M. Hillairet. »

La séance est levée à 11 heures et demie.

COMPTE RENDU DE LA RÉUNION EXTRAORDINAIRE

du mercredi 20 janvier 1897.

Présidence de M. G. SCIAMA.

La séance est ouverte à 8h 35m soir.

Le procès-verbal de la Réunion mensuelle du 6 janvier est adopté.

Il est donné connaissance des demandes d'admission :

MM.

Camproger (Maurice), Ingénieur électricien, Secrétaire du Conseil d'administration de la *Compagnie générale de Travaux d'Éclairage et de Force*, 238, rue du Faubourg Saint-Honoré, à Paris. — Présenté par MM. E. Clémançon et M. Meyer.

Cousin (Émile-Félix), Ingénieur à la *Compagnie d'Éclairage électrique du Secteur des Champs-Élysées,* 10, rue de Strasbourg, à Paris. — Présenté par MM. G. Ebel et F. Bonfante.

Hermann (Ernest), Ingénieur, Agent général du système *Holroyd Smith,* 74, rue Saint-Lazare, à Paris. — Présenté par MM. J. Laffargue et X. Gosselin,

sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le Président fait part du décès de M. *John Aylmer,* Membre fondateur, ancien membre du Comité d'administration.

M. le Président. — « Avant de continuer la discussion sur les tractions électriques dans Paris, je donnerai la parole à M. Mascart, qui désire faire une Communication.

M. Mascart. (*Applaudissements.*) — « Messieurs, soyez sans crainte; contrairement à mes inquiétantes habitudes, je ne viens pas vous adresser une demande de souscription. (*Rires.*) Je viens seulement vous informer que le Comité d'installation de l'Exposition de Bruxelles s'est réuni hier; il a considéré comme très important que l'industrie française soit convenablement représentée à l'Exposition belge. Je prie donc les Membres de la Société qui attacheraient du prix à cette manifestation industrielle et qui seraient, en conséquence, désireux de participer à l'Exposition dont il s'agit, de vouloir bien se mettre en relation soit avec le Commissaire général, M. Monthiers, au Ministère du Commerce, soit avec M. Hillairet, Secrétaire du Comité d'installation, soit avec M. Gosselin, Secrétaire-général adjoint de la Société des Électriciens. Je me permets d'insister pour que nos industriels tiennent à honneur de figurer à l'Exposition de Bruxelles. » (*Applaudissements.*)

L'ordre du jour appelle en premier lieu la Communication de M. le Dr Marks *Sur l'arc voltaïque en vase clos*. Le texte de cette Communication et de la discussion qui l'a suivie sera inséré dans le prochain numéro du *Bulletin mensuel*.

LA TRACTION MÉCANIQUE DANS PARIS

[suite de la discussion sur (1)].

M. le Président donne la parole à M. Bochet, premier orateur inscrit.

M. Bochet. — « J'exprimerai tout d'abord le vœu d'entendre traiter les questions relatives à la traction électrique, par ceux de nos collègues qui, s'occupant spécialement de cette question, n'ont cependant pas encore pris part à la discussion engagée.

» Il ont certainement beaucoup à nous apprendre, et le bon

(1) Voir *Bulletin mensuel*, numéro de décembre 1896, et p. 14 et suiv. du présent numéro.

exemple donné par les précédents orateurs, et en particulier par M. Mekarski, doit les encourager à le faire.

» Il est utile que les particularités des divers systèmes soient connues et que les objections soulevées contre eux soient discutées ici.

» En dehors des solutions déjà examinées, il en est d'autres qui excitent la curiosité :

» Par exemple, le système par accumulateurs à charge rapide, dont le succès peut avoir une si grande importance.

» Je suis convaincu que nos collègues spécialement au courant de ce système voudront bien nous éclairer à son sujet.

» La charge rapide des accumulateurs présente, comme vous le savez, des difficultés pratiques. Comment ces difficultés ont-elles été vaincues?

» Des questions analogues se posent sur l'application des autres systèmes de traction électrique. Il serait bien désirable qu'elles soient examinées.

» Il est toutefois certain que cette discussion ne pourra conduire au choix d'un système entre tous. Les conditions à remplir sont trop variables, suivant les cas, pour qu'il en soit ainsi.

» Cela ressort, d'ailleurs, des contradictions de la discussion qui a eu lieu : la supériorité de chacun des systèmes discutés nous ayant été péremptoirement démontrée, suivant les conditions prises pour base.

» Ces contradictions énergiques ne doivent pas faire penser qu'il est impossible de conclure. Mais la conclusion à en tirer est que nous disposons de nombreuses et excellentes solutions et que la traction électrique est aujourd'hui en état de satisfaire à toutes les conditions imposées, soit par les besoins du service, soit par les règlements multiples auxquels doit se plier, en France, toute entreprise publique.

» Il ressort également de la discussion que partout où le trolley avec ligne aérienne peut être toléré, l'hésitation entre les divers systèmes n'existe pas; cette solution est excellente à tous égards.

» Les résultats que donne ce mode de traction sont tellement avantageux que son développement a été extraordinaire comme importance et comme rapidité. Aussi, bien des esprits pratiques souhai-

tent-ils que le trolley ne soit plus exclu, même des grandes villes, en exprimant l'avis que des lignes aériennes convenablement établies ne gâteraient pas l'aspect des plus belles promenades.

» Mais cette opinion n'est pas acceptée en général, et je suis certain qu'ici même beaucoup de nos collègues ont été frappés du fâcheux effet des lignes aériennes coupant les vues de beaux monuments, comme ceux de Rouen; ceux qui font de la photographie en ont été particulièrement gênés.

» Aussi n'est-il pas surprenant que les systèmes, tels que celui de MM. Claret et Vuilleumier, qui permettent de profiter des avantages considérables de la traction électrique par stations centrales, en évitant les inconvénients de la ligne aérienne, aient reçu le meilleur accueil, et que tous les électriciens aient suivi avec la plus vive satisfaction les essais de ce genre qui ont été tentés et dont les résultats sont des plus encourageants.

» Néanmoins, tout système de prise de courant sur le sol ou en caniveau présente des difficultés que l'ingéniosité des inventeurs n'a pu tourner qu'au prix de complications assez grandes et de dispositions onéreuses. C'est ce qui explique la lenteur du développement de ces systèmes, même dans les cas où le trolley est écarté *a priori*.

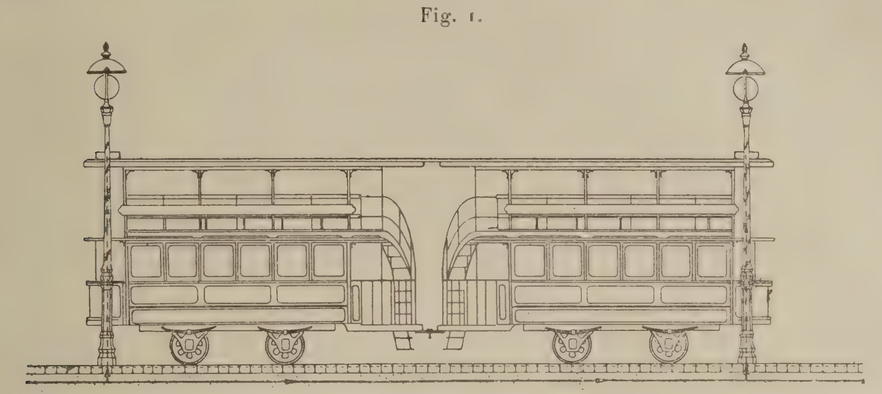
» Ces considérations et la très grande probabilité de l'adoption du service par train pour la plupart des lignes à traction mécanique dans Paris m'ont conduit à un dispositif très simple, pouvant en certains cas, je crois, être utilement employé.

» Ce système est caractérisé par l'emploi de contacts aériens espacés d'une longueur un peu inférieure à la longueur du train sur lequel se trouve établi un conducteur de prise de courant L. Dans ces conditions, le conducteur L touche constamment l'un des contacts aériens. Les contacts sont mis en communication constante avec l'usine centrale au moyen d'une canalisation souterraine. Le retour du courant peut se faire par la voie comme dans les installations ordinaires par trolley ou bien encore par une ligne indépendante, à condition d'employer un double système de contacts et de conducteurs de prise de courant (*fig.* 1 et 2).

» Cette disposition permet de profiter de tous les avantages de la traction électrique par trolley et ligne aérienne en évitant les incon-

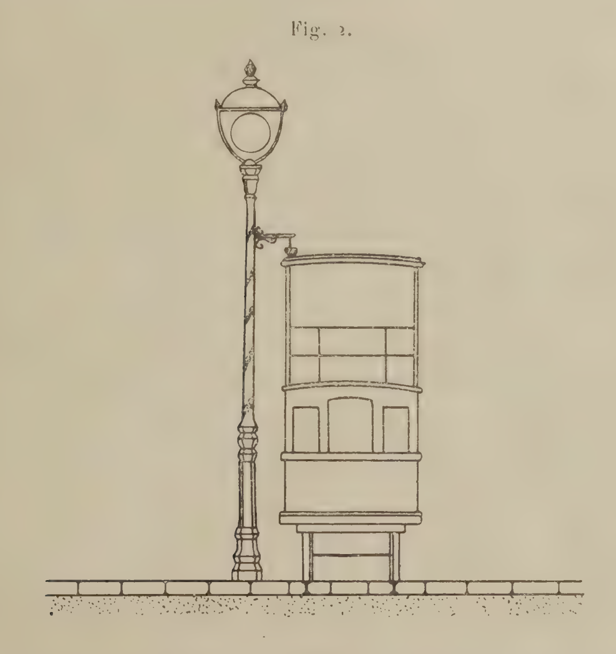
vénients de cette ligne. Les contacts peuvent être placés soit sur des supports spéciaux, soit tout simplement sur les candélabres d'éclairage qui, en l'état actuel, sont très suffisamment rapprochés pour cela.

Fig. 1.



» Pour certaines artères, on pourra trouver avantage à monter ces contacts sur des candélabres, comme ceux des boulevards, établis sur des refuges au milieu de la chaussée.

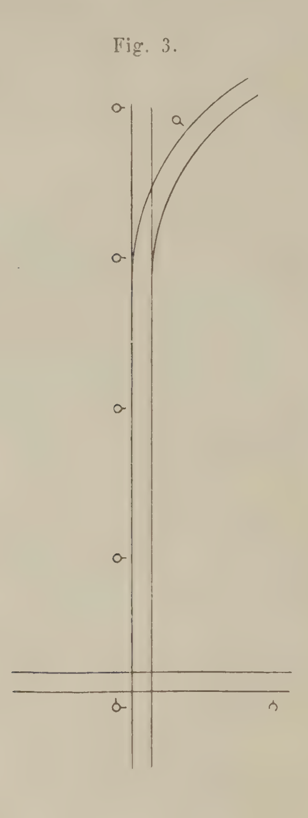
Fig. 2.



» Ce système très simple écarte les objections qui peuvent être faites au point de vue de l'aspect. Il évite également les complications et les inconvénients des divers systèmes de prise de courant

dans le sol. Il donne des solutions extrêmement simples pour les croisements et traversées de voies (*fig.* 3).

Fig. 3.



» Quant à la réalisation même des contacts, elle est des plus simples. En se guidant sur ce qui se fait couramment aujourd'hui pour les installations par trolley, ou par prises de courant sur le sol, il n'y a pas de mécomptes à craindre. Naturellement, on doit réserver une élasticité suffisante, soit aux conducteurs de prise de courant, soit aux contacts eux-mêmes, pour assurer la continuité du passage du courant, malgré les légères oscillations que les voitures peuvent avoir.

» Ce système peut, en certains cas, être utilement appliqué à la traction électrique des trains de chemins de fer. »

M. le Président remercie M. Bochet.

M. Korda. — « Messieurs, il est bien difficile d'apporter ici, sur

la question qui est en discussion, le choix du meilleur système de traction pour une grande ville comme Paris, des éléments qui ne soient déjà traités surabondamment, soit dans les périodiques, soit dans les réunions des diverses Sociétés d'ingénieurs que ces questions intéressent. Les différents systèmes en présence continuent leur lutte, favorisés par des circonstances fort variées qui assez souvent n'ont qu'un rapport lointain avec l'art de l'ingénieur et qui, par conséquent, ne dépendent pas de nous, comme l'a fait remarquer fort justement notre Secrétaire général dans son exposé. Les discussions continuent de même et c'est presque toujours les mêmes arguments *pour* et les mêmes *contre* qui se trouvent en présence.

» Aussi je ne veux pas abuser de votre patience, en rompant une lance de plus en faveur de la traction électrique. Je ne veux que m'occuper, en quelques mots, d'un système électrique mixte qui commence à se répandre dans plusieurs grandes villes et que je fus amené à étudier récemment en vue d'une application en France. Je voudrais vous parler de l'emploi mixte des accumulateurs et du fil aérien dans la traction électrique.

» Il y a à peine quelques années la plupart des électriciens s'occupant d'installation de tramways électriques par trolley aérien ou souterrain souriaient dédaigneusement, quand on leur parlait d'essais de traction par accumulateurs, tellement cela leur semblait trop lourd, trop cher, trop peu durable et d'un rendement peu élevé, autant d'inconvénients compensant largement les avantages connus de ce mode de traction. Pendant longtemps trolley et accumulateurs semblaient des frères ennemis.

» Or depuis que les accumulateurs commencent à être mieux construits et, je dirais même, que leurs propriétés commencent à être mieux connues, en premier lieu par les fabricants d'accumulateurs eux-mêmes, les deux systèmes concurrents se réconcilient.

» Dans plusieurs grandes villes, notamment à Paris, où le trolley fut jusqu'ici prohibé, on a songé de bonne heure à avoir recours aux accumulateurs et cela a permis à ces derniers de se montrer sous un jour moins défavorable que l'on supposait d'abord. On se hasardait alors, encouragé en même temps par les résultats obtenus dans les stations d'éclairage, de les employer pour égaliser les

charges éminemment variables des stations génératrices des tramways et pour mieux utiliser la puissance de ces stations et l'on a constaté, avec une surprise agréable, que ce sont des engins très utiles, pourvu que leur construction soit assez robuste.

» C'est au tramway électrique de Zurich à Hirslanden que cet essai fut effectué la première fois, il y a plus de trois ans. La batterie a amélioré le rendement moyen de la station, les machines à vapeur pouvant travailler presque toujours en pleine charge et elle a, de plus, permis une augmentation du trafic sans augmentation de la machinerie. Depuis trois ans de fonctionnement continu la batterie n'a pas bougé.

» Tandis que les variations de courant, à cause du terrain très accidenté, vont de o à 210 ampères dans la ligne, le débit de la dynamo, depuis qu'on a les accumulateurs, varie très peu autour de 90 ampères, et son voltage autour de 550 volts. Au début, on se servait d'appareils réducteurs pour varier automatiquement le nombre des éléments lors des moments de charge et de décharge. Il y a un an, on s'est aperçu que c'est complètement superflu, car les 270 éléments peuvent être mis directement sur le circuit de la dynamo et n'ont besoin d'être rechargés à fond qu'une seule fois dans la journée pendant une heure de repos.

» D'autres villes, notamment Remscheid en Allemagne, ont suivi l'exemple donné par l'installation de Zurich. A Remscheid, la Société Thomson-Houston (Société *Union*) avait installé quatre dynamos hyper-compoundées, de 100 kilowatts chacune qui, à cause des fortes rampes allant jusqu'à 10,5 pour 100, ont été très mal utilisées. En effet, le courant de la ligne variait de o à 450 ampères avec douze voitures en circulation, tandis que la valeur moyenne, relevée sur les appareils enregistreurs, était à peine de 150 ampères. L'emploi d'accumulateurs était donc tout indiqué, d'autant plus que le trafic prenait un développement très rapide. Une batterie fut installée par la Société Tudor de Hagen. Elle est composée de 250 éléments d'une capacité de 650 ampères-heures pour un courant normal de décharge de 215 ampères, mais qui peut être poussé jusqu'à 420 ampères. Depuis cette adjonction qui, pour éviter un renversement de polarité, a nécessité pourtant l'enlèvement de l'enroulement compound, le voltage ne varie guère plus de 10 à 15 volts

autour de 500 volts, plus exactement de 495 volts à 510 volts, et le nombre d'ampères de chaque dynamo reste entre 115 à 150 ampères, en moyenne 132 ampères pour les 12 voitures en circulation. En outre, le matin et le soir, la batterie seule suffit pour le service et les dynamos sont mises en route une heure plus tard et arrêtées une heure plus tôt qu'auparavant.

» Le rechargement se fait dans la journée. A cet effet, il suffit que le débit moyen des dynamos soit suffisamment élevé pour que l'énergie de charge dépasse d'une certaine valeur l'énergie rendue par les accumulateurs lors des décharges partielles, auxquelles la batterie est soumise pendant le trafic. La fin de la charge est ensuite effectuée après l'arrêt de la circulation des voitures. A Remscheid, au lieu de remonter le voltage des génératrices, on fait emploi d'un survolteur pour cette dernière besogne.

» Toutes ces applications ne pouvaient qu'encourager les fabricants d'accumulateurs de faire un pas de plus en avant et de fabriquer des batteries que l'on puisse placer sur les voitures à trolley elles-mêmes. On peut alors profiter du trolley dans toutes les parties du parcours, où il est admis, tandis que les batteries servent à parcourir les rues, dans lesquelles le fil aérien est interdit. Les accumulateurs permettent, en même temps, d'égaliser légèrement les fluctuations dans le débit des dynamos.

» La Société Tudor de Hagen fut la première qui a réalisé cette idée par l'application qu'elle en a faite à Hanovre et à Dresde. La solution qu'elle a adoptée est la plus simple qu'on puisse imaginer. La voiture ordinaire à trolley, munie de moteurs pour 400 à 500 volts, porte une batterie de 200 éléments de capacité suffisante pour pouvoir actionner les moteurs à l'intérieur de la ville, où le fil aérien est prohibé. Arrivé au point mixte, on soulève la perche de trolley contre le fil de contact et le courant de la ligne, tout en actionnant les moteurs, charge les accumulateurs. Ces derniers sont d'une résistance intérieure très faible et d'une construction très solide, afin de supporter sans danger les courants de charge très intenses. En effet, le rechargement qui n'est, du reste, que partiel, doit s'effectuer en très peu de temps, pendant le parcours de la partie de la ligne munie de fils de trolley, ainsi qu'aux points de stationnement.

» Le seul inconvénient de ce système est le régime variable des moteurs électriques. Pour l'éliminer, la Société pour la pulvérisation des métaux a proposé un groupement qui, tout en permettant de charger la batterie à fond, assurerait le moyen d'alimenter les moteurs sous un voltage pratiquement constant. Les deux moteurs sont à 250 volts. Ils sont groupés en parallèle pour la marche sur trolley et en série pour la marche par accumulateurs. Ces derniers, au nombre de 273 éléments, sont groupés en trois rangs parallèles de 91 éléments pour la charge par le courant de la ligne aérienne et servent en quelque sorte de rhéostat au moteur. A la décharge ils sont tous en série. Cet arrangement offre également quelques inconvénients, car, à moins de dédoubler le nombre des groupes pouvant être mis en parallèle ou en série, ce qui compliquerait les connexions et les manœuvres, on serait forcé d'interrompre la charge des accumulateurs pendant tout le temps que les moteurs ne sont pas en circuit, c'est-à-dire sur les pentes et pendant les arrêts du parcours, et de même pendant le trajet par accumulateurs on resterait *en panne* dès que l'un des deux moteurs en série éprouverait une avarie.

» Comme un autre exemple de ce genre de traction mixte, nous pouvons encore citer celui de la *Chicago North Side Railway C°*, où cependant le rechargement des batteries ne se fait pas sur les voitures, mais hors d'elles. A cet effet, au point mixte, un petit chariot muni de moteur électrique permet d'enlever la caisse contenant des accumulateurs et de la remorquer, au moyen du courant des accumulateurs mêmes, à l'usine de charge. Pendant ce temps, un autre chariot amène la batterie chargée. Pour 25 voitures en circulation on dispose de 40 batteries. Sous ce rapport, ce système est moins avantageux que les autres avec charge sur les voitures. Par contre, les accumulateurs ont à subir des charges moins rapides, ce qui prolonge leur durée. Enfin, on n'a pas besoin de remorquer le poids mort des batteries pendant le trajet sur le fil aérien.

» En résumé, l'application du système mixte dans les grandes villes a un réel intérêt. En effet, dans ce cas, les batteries nécessaires n'ont pas besoin d'être aussi lourdes que celles employées au cas de la superposition complète du trolley, car d'un côté le nombre de kilomètres à parcourir au moyen des accumulateurs est moins

grand, et, d'un autre côté, l'effort de traction, par la diminution du poids mort, est également moins important. Cependant, cet allègement de poids dépend beaucoup de la nature du réseau et peut être quelquefois très insignifiant. C'est pourquoi ce système ne s'applique bien que dans les villes où il y a peu de rampes.

» En ce qui concerne le prix de revient de la traction avec ce système, il est incontestablement amélioré par rapport à celui avec accumulateurs seuls, pourvu que la partie de la ligne qui peut être parcourue avec le trolley ne soit pas trop réduite, car, dans ce cas, le rechargement exigerait des stationnements trop longs aux points mixtes.

Quant aux questions de chiffres, on est réduit à des hypothèses, mais j'espère être à même de vous apporter ici bientôt des renseignements exacts, quand l'installation d'essai que je vous ai signalée, et à laquelle j'ai l'occasion de collaborer, aura fourni ses résultats.

M. le Président. — « Je remercie M. Korda de sa Communication.

» Je crois devoir ajouter que la Société aura le plaisir d'entendre, dans sa séance de mars, une Communication complète sur les accumulateurs Tudor, faite par M. Blanchon, Directeur de la Société, qui a demandé à notre Bureau de vouloir bien mettre sa Communication à l'ordre du jour, parce qu'il espère, à ce moment, nous apporter, non seulement la théorie complète de l'accumulateur à charge rapide, mais encore les résultats d'expériences intéressantes commencées sur la ligne de Puteaux, et qui, à cette époque, seront suffisamment nombreuses pour que nous puissions en tirer des chiffres définitifs.

M. de Bovet. — « Messieurs, le terrain de la discussion a été défini par notre Secrétaire général d'une façon très large; elle ne comporte pas seulement l'examen du côté purement technique de la question, des procédés mécaniques à mettre en œuvre pour obtenir la propulsion des véhicules, mais elle peut embrasser, en outre, l'étude de l'organisation générale des services, en vue de donner, aussi complètement que possible, satisfaction au public qui a besoin de se faire transporter.

» Nous en faisons tous partie; nous avons donc tous, à ce dernier point de vue, à tout le moins quelque expérience personnelle, et c'est de celle-là que, plus volontiers, je me réclamerais pour justifier mon intervention. Une chose m'a frappé beaucoup : M. Bochet vient de le rappeler, plusieurs autres orateurs l'avaient dit avant lui; les préférences de l'Administration semblent aller à la très grande voiture, offrant en une fois beaucoup de places, et mieux encore à des trains de plusieurs voitures. Mettons que cela soit : je ne vois pas que ce soit une raison pour que, au cours de cette discussion, on se préoccupe beaucoup des moyens de satisfaire à ce desiratum administratif si, par ailleurs, on estime que ce soit une solution médiocre du problème des transports en commun. Mieux vaudrait employer nos efforts à bien montrer que c'est effectivement une mauvaise solution. Il ne faudrait pas, en effet, oublier trop que le public n'est pas une matière à pétrir par les administrations publiques : que ce sont, au contraire, ces dernières qui se doivent efforcer de satisfaire à ses besoins tel qu'il les comprend, et que c'est là leur seule raison d'être.

» Ceci dit, je ne crois pas que, dans une très grande ville, il y ait de solution bien complète de la question en dehors de l'emploi simultané d'un chemin de fer métropolitain et de voitures publiques. C'est de ces dernières seules, auxquelles est réservée la circulation dans la rue, que je veux parler et, pour celles-ci, tous ceux d'entre nous qui ont quelque peu voyagé ne peuvent pas ne pas avoir remarqué, car le service dans certaines villes est fait ainsi, la supériorité, par rapport à notre gros omnibus à passages rares, de la voiture légère, assez petite par conséquent, mais passant très souvent, marchant vite, s'arrêtant facilement, démarrant avec rapidité et desservant des parcours d'une faible longueur. Avec notre système on a, pour le compléter, des bureaux où l'attente dure éternellement, et où l'on trouve rarement de la place; avec l'autre, plus n'est besoin de bureaux et jamais la place ne manque. Il serait assez facile d'expliquer, par des raisons *a priori*, qu'il est inévitable qu'il en soit ainsi, mais cette démonstration est, en somme, assez inutile, la preuve par la pratique, la meilleure de toutes, étant surabondamment faite.

» J'ajouterai que, comme l'indiquait fort justement M. Hillairet,

le système des voitures petites, nombreuses et fréquentes, dont on paraît craindre ici qu'il augmente l'encombrement déjà excessif des rues, est, au contraire le moyen le plus sûr de les désencombrer. Pour cela aussi, la preuve pratique est largement faite. Quand le service par les voitures publiques est sûr, facile et rapide, la voiture privée, et surtout le fiacre, dont le besoin se fait beaucoup moins sentir, arrive à disparaître ou à peu près. Tout le monde prend le tramway, parce que tout le monde est assuré de le trouver quand il en a besoin, d'être conduit rapidement; je citerai des villes, comme par exemple Rio-de-Janeiro, où existe depuis longtemps un service de tramways remarquablement organisé et où, le soir, les femmes, en grande toilette, les prennent pour aller à l'Opéra.

» Si la voiture légère, rapide et fréquente, est, comme je crois, le desideratum qu'il faut chercher à réaliser, il semble vraiment que rien ne vaille, au point de vue de l'exécution, la voiture électrique avec prise de courant en route et que, jusqu'ici, rien ne soit supérieur au trolley avec fil aérien. Les exemples abondent de bons services organisés avec ce système; nous commençons enfin à en avoir en France, et j'en appelle, par exemple, à ceux qui ont connu, il y a deux ans, les anciens omnibus de Rouen, et qui, depuis, ont eu occasion de prendre ceux qui circulent dans cette même ville.

» On objecte à ce système qu'il enlaidit singulièrement la rue. C'est laid, en effet, très laid; mais je crois, pour ma part, que ce qui le rend si vilain, ce ne sont pas les fils de prise de courant, parallèles à toutes les lignes de la rue, mais bien les fils transversaux destinés à les soutenir.

» J'accorderais assez volontiers qu'il y a là un vice fondamental, seulement est-il irrémédiable? Je ne le crois pas. Je ne sais pas pourquoi on serait condamné à s'hypnotiser sur le système de trolley à perche prenant obligatoirement le courant sur une ligne posée systématiquement au-dessus du chemin suivi par la voiture. Il est, je crois pouvoir l'affirmer, possible de prendre ce courant en route par côté assez loin pour que la voiture laisse le long des trottoirs tout l'espace libre nécessaire. Je n'ai pas pris la parole avec l'intention de venir décrire ni préconiser tel ou tel système. Je vous demanderai donc de ne pas apporter à l'appui de cette assertion

une preuve qui vous est, sans doute, inutile. Mais si cela est vrai (et même la difficulté de croisement des lignes est assez facile à résoudre), j'estime que le jour où les fils de prise de courant seront supportés tout simplement sur les mêmes poteaux que les appareils d'éclairage et n'apporteront plus dans la rue que des lignes parallèles à celles des trottoirs, des balcons et des toits, sauf à d'assez longs intervalles, lors des traversées des rues, les objections tirées de considérations d'esthétique tomberont d'elles-mêmes. »

M. Bochet. — « Le choix du mode d'exploitation par petites voitures, par voitures à grande capacité ou par trains doit dépendre des circonstances.

» En général, dans des villes comme Rouen, Bordeaux, le Havre, l'exploitation par voitures séparées est plus commode. Mais il n'en est plus de même lorsque le trafic devient très important et que les rues sont encombrées de véhicules de toutes sortes.

» Il est aisé de s'en rendre compte en voyant ce qui se passe sur les grands boulevards, pour lesquels on a parlé ici de la traction électrique. A certains moments de la journée, les omnibus se succèdent à des intervalles tellement courts qu'il se forme en beaucoup de points de véritables trains dont les voitures sont espacées de 5^m ou 6^m et, cependant, ce service est encore insuffisant pour le public. Il n'est pas douteux que l'emploi de voitures à grande capacité ou de trains serait parfaitement justifié en pareil cas.

» Il est très juste de dire que l'industrie ne doit pas chercher avant tout à satisfaire aux exigences de l'Administration. Il convient de faire le nécessaire pour que ces exigences soient modifiées lorsqu'elles sont exagérées. Mais ce n'est pas à dire qu'on n'en doive tenir aucun compte. La preuve en est dans ce fait que la traction électrique ne s'est pas répandue dans Paris précisément parce que les électriciens ont tardé à offrir des solutions satisfaisant aux exigences de l'Administration.

M. E. Sartiaux. — « Je ne partage pas l'avis de M. Bochet en ce qui concerne la circulation des voitures dans Paris. A Vienne, par exemple, sur le Ring, au milieu d'allées et de contre-allées, sur lesquelles la circulation est, à certaines heures, très importante, les

tramways se succèdent à des intervalles de cinq minutes au maximum, et souvent même de trois minutes.

» Il monte également, dans ces tramways, un nombre quelconque de voyageurs et tant que la voiture en peut contenir. On y rencontre des dames en grande toilette et l'Empereur lui-même. On peut, à chaque instant, faire rapidement le tour de la ville, ou aller aux extrémités en très peu de temps. A Paris, au contraire, pour se rendre aux Champs-Élysées, on est obligé d'attendre longtemps ces encombrants omnibus ou tramways, et, finalement, on y va... à pied. (*Rires.*)

» Le système consistant à faire circuler les voitures se succédant à de très courts intervalles est évidemment, comme le disait notre collègue M. Hillairet, l'idéal à réaliser pour Paris.

M. Weill. — « Je demanderai à M. E. Sartiaux de nous dire s'il y a des fiacres qui circulent dans Vienne, et combien. »

M. E. Sartiaux. — « Je ne sais évidemment pas combien il y a de fiacres à Vienne, mais on en voit circuler un très grand nombre. On y trouve surtout des voitures à deux chevaux qui conduisent leurs clients à une grande distance en moitié moins de temps qu'on ne le fait à Paris; il y a, au milieu de ces voitures, beaucoup de tramways qui sillonnent les rues et avenues, et si ces tramways n'existaient pas aussi commodes qu'ils le sont, il y aurait probablement à Vienne autant de voitures qu'à Paris, mais autant d'insuffisance de transport. »

M. Brunswick. — « La question de la circulation sur les grandes voies dépend surtout de l'encombrement des voitures qui ne provient généralement pas du fait des omnibus. Ce qu'il faudrait obtenir de l'Administration, c'est une réglementation de la circulation des voitures dans Paris : le jour où les boulevards seront libres, les tramways circuleront beaucoup plus souvent. »

M. Delaporte. — « A New-York, la circulation est intense; les tramways se succèdent avec rapidité à des intervalles très rapprochés, toutes les vingt ou trente secondes. A l'angle de la quatrième rue de cette ville et de Broadway en neuf minutes cinquante-quatre se-

condes, j'ai vu passer cinquante tramways, ce qui porte à trois cents tramways par heure la circulation new-yorkaise. Si l'on manque une voiture, on saute dans l'autre. A peine a-t-on eu le temps de s'apercevoir qu'aucune place n'y était vacante qu'une troisième survient : bref, on est toujours certain de trouver une place libre dans un délai très court. J'estime que le meilleur moyen de désencombrer les rues est de permettre au public de ne circuler que le long de la voie.... »

M. Korda. — « Comment feront les piétons pour traverser la rue?

M. Delaporte. — « A New-York et dans la plupart des villes américaines, le public se prête volontiers à la facilité de la circulation. On n'y traverse pas les rues au milieu des blocs, c'est-à-dire des carrés de maisons; on ne les traverse qu'aux extrémités, c'est-à-dire à des points prévus; or, les voitures s'arrêtent également à des endroits déterminés, comme le disait M. Maréchal dans notre dernière séance; par conséquent, la circulation s'effectue vite, sans encombrements ni accidents. Il faut donc que le public parisien, que les Compagnies de traction mécanique et que les Administrations municipales prennent des habitudes nouvelles, suppriment les correspondances, etc. A New-York, on ne limite pas le nombre des voyageurs dans un car : de véritables grappes humaines sont suspendues à l'ossature même de la machine; les voyageurs s'accrochent partout, même aux perches de la voiture!....

M. le Président. — « Personne ne demandant plus la parole et la discussion paraissant épuisée, j'en vais mettre aux voix la clôture.

M. Dieudonné. — « Je demande la parole contre la clôture de la discussion. Au cours d'un entretien spécial que j'ai eu récemment avec M. Francq, j'ai vivement insisté pour qu'il intervînt dans notre discussion ou tout au moins qu'il préparât une Note résumant les observations que lui avait suggérées sa longue expérience de la traction mécanique. Il a été empêché de se rendre ici à la date de notre dernière réunion; il n'assiste pas à celle d'aujourd'hui parce qu'il n'en a pas été informé. Moi non plus, d'ailleurs, je n'ai pas été avisé, je n'ai reçu aucune convocation. Je suis venu, cependant,

parce que j'ai appris, il y a de courts instants, que la Société s'assemblait ce soir.

» Je prie donc M. le Président de vouloir bien laisser le débat ouvert jusqu'à la prochaine séance, d'autant plus que nous n'avons pas reçu, comme d'usage, le compte rendu analytique de nos débats antérieurs et que peut-être la lecture de ce document fera surgir quelques contradicteurs. Nous avons du reste procédé de cette façon depuis notre première séance. M. Francq, comme vous le pensez bien, ne viendra pas ici pour vous exposer son système de traction à locomotive sans foyer : il vous apportera des idées générales sur l'organisation d'un service de traction soit mécanique, soit électrique, au point de vue de son application dans une ville comme Paris et en passant successivement en revue les différentes circonstances et considérations qui influent sur la conception d'un tel établissement. Vous voyez donc que, pour donner à cette discussion toute l'ampleur désirée, il y aurait intérêt à l'entendre développer ses idées.

M. le Président. — « Est-ce M. Léon Francq l'inventeur du système de locomotive à vapeur surchauffée, ou son frère? »

M. Dieudonné. — « C'est M. Léon Francq. Il n'est pas membre de notre Société; mais, comme vous l'avez invité à assister à notre séance, il y est venu. Il n'a pu se rendre à la seconde en raison de ses occupations, ni à la troisième, parce qu'il ignorait notre réunion, comme je l'ai dit tout à l'heure. Je suis allé le trouver spécialement, je connais quelques-unes de ses idées; nous avons eu, depuis trois ou quatre ans, des conversations fréquentes sur la question de la traciton mécanique et électrique; mes idées ne concordent pas entièrement avec les siennes, mais il en a de très bonnes qui seraient, peut-être, de nature à être partagées par vous. J'estime donc qu'il y aurait lieu de ne pas clôturer la discussion. »

M. le Président. — « Messieurs, vous avez entendu la proposition de notre honorable collègue.

» M. Francq m'avait avisé qu'il ne pourrait assister à notre deuxième séance, mais ne m'avait pas dit qu'il comptait prendre la parole dans une troisième réunion.

» J'ajouterai que nous n'avons pas fait distribuer le compte rendu de notre précédente séance, parce que le délai était trop court pour en permettre l'impression, et que, d'ailleurs, nous avions pensé qu'il serait plus intéressant de joindre les procès-verbaux de nos deux séances, de façon que la discussion qui en est l'objet soit complètement insérée dans le *Bulletin* du mois de janvier.

» La proposition de M. Dieudonné me semble présenter un certain inconvénient : l'ordre du jour de notre prochaine séance est très chargé ; nous comptons sur une Communication de M. Bonfante, relative aux canalisations électriques et aux perfectionnements qu'il y a lieu d'y apporter; je voulais, à la fin de notre séance d'aujourd'hui, inviter nos Collègues, que cette question intéresse, à venir entendre M. Bonfante; les discussions contradictoires qui ont produit de si heureux résultats au sujet de la traction mécanique pourraient se renouveler sur cette Communication spéciale.

» D'autre part, nous entendrons une Communication de M. Colin, ingénieur du Familistère de Guise, sur les appareils de chauffage à l'électricité. Par conséquent, si ces deux Communications provoquent, comme je l'espère, une intéressante discussion, notre séance de février sera extrêmement chargée.

» Enfin, à la séance de mars, est inscrite en première ligne une Communication de M. Blanchon sur les accumulateurs à charge rapide et leur application à la traction électrique; à ce propos, la discussion s'ouvrira à nouveau et pourra donner lieu à un échange d'observations intéressantes.

» Je demande donc s'il est préférable de clore la discussion aujourd'hui ou de la laisser à notre ordre du jour. Il n'y aurait aucun inconvénient à la clore, en ce sens que nous n'avons aucune résolution ferme à prendre; mais je ne crois pas que la Communication de M. Francq puisse venir en ordre utile dans notre prochaine séance. Elle se présentera d'elle-même à la séance de mars, après la Communication de M. Blanchon.

M. Dieudonné. — « J'invoque précisément les arguments que vous venez de produire pour soutenir ma thèse. C'est pour constituer un bloc d'observations enchaînées que je désirerais voir la discussion non scindée. Je n'assistais pas à la dernière séance; j'ignore ce qui

s'y est dit; j'en attends le compte rendu pour savoir si je ne serai pas amené à prendre encore la parole sur la question.

» Je voudrais présenter quelques réflexions sur la Communication faite par M. Korda. D'autre part, M. Francq n'avait peut-être pas l'intention de prendre part à notre discussion : ce n'est que par mon insistance pressante auprès de lui, dans la pensée que l'exposé de ses idées serait utile à nos débats en général et à notre Société en particulier, que je l'ai déterminé à prendre l'engagement, que j'apporte en son nom, de participer à cette lutte. »

M. le Président. — « La position de la question est nette. Nos collègues désirent-ils laisser la discussion sur la traction électrique à leur ordre du jour, pour être continuée, non à la séance de février, mais dans celle de mars ? ou bien en demandent-ils la clôture immédiate et la réouverture après la Communication de M. Bonfante ? »

M. Dieudonné. — « Je propose de maintenir la discussion dont il s'agit à l'ordre du jour de notre séance de février. »

M. le Président. — « Il n'est pas possible de modifier l'ordre du jour de notre séance de février, car il est dès à présent établi. Aussi bien, cela revient au même puisqu'il n'est pas déclaré, par un vote formel, que la discussion soit close. »

M. Hillairet. — « Je dois répondre à M. Dieudonné que la fixation de l'ordre du jour de nos séances n'est pas extrêmement facile; elle est d'autant moins commode que l'ordre du jour comprend une partie constante, parfaitement déterminée, et une partie essentiellement variable selon les discussions engagées. Nous nous préoccupons donc surtout de la partie constante; or, celle de notre ordre du jour de février est fixée à l'avance et très étendue; si nous y insérons, en outre, une Communication sur la traction électrique, les auditeurs qui viendront dans l'intention d'assister à cette partie de la séance seront en quelque sorte frustrés. Je ne dis pas cela au point de vue des idées certainement intéressantes qui seront exposées; mais il faut bien reconnaître que, sur la traction mécanique et électrique, nous courrions le risque de discuter jusqu'à deux

heures du matin. Je parle d'ailleurs, en ce moment, en mon nom personnel et sous ma propre responsabilité. »

M. Dieudonné. — « L'ordre du jour de février est-il fixé depuis longtemps? »

M. Hillairet. — « Je ne crois pas qu'il y ait d'autre ressource que celle proposée par notre Président. MM. Bonfante et Colin ont préparé leurs travaux pour que leurs conférences puissent être faites en février; nous sommes à quelques jours de cette date et il ne serait pas convenable de revenir sur la parole que vous avez donnée aux deux conférenciers. »

M. le Président. — « Messieurs, vous avez fait confiance à votre Bureau, jusqu'ici, pour la fixation des ordres du jour de nos séances. Je demande donc à nos collègues de maintenir celui qui a été fixé pour la séance de février, quitte à mettre à la suite, venant ou non en temps utile, la suite de la discussion sur la traction mécanique et électrique. »

Plusieurs Membres. — « Aux voix, aux voix! »

M. le Président. — « Je mets aux voix la proposition suivante : La discussion sur la traction mécanique sera remise à la fin de l'ordre du jour de février, pour venir, en ordre utile, soit à la fin de notre prochaine séance au cas où les Communications de MM. Bonfante et Colin seraient courtes et non suivies de discussions, soit à la séance de mars après la Communication de M. Blanchon. »

Cette proposition est adoptée.

La séance est levée à 11^{h} du soir.

REVUE DES TRAVAUX ET PUBLICATIONS.

Électromètre. — MM. Nernst et Dolezalek ont construit un électromètre excessivement sensible, formé de deux électromètres à quadrants de Thomson, l'un au-dessus de l'autre. Les deux aiguilles d'aluminium sont réunies par une pile sèche montée sur leur axe commun, et qui porte le miroir; le tout est suspendu par un fil de quartz. La pile est faite de papier d'étain, de papier et de bioxyde de plomb. Une pile de $6^{cm},5$ de haut et 4^{mm} de diamètre donne 1400 volts de différence de potentiel entre les deux aiguilles; avec un fil de quartz de 7^{cm} de long, on peut avoir, à 2^{m} de distance, 60^{mm} de déviation pour $\frac{1}{100}$ de volt entre les paires de quadrants. (*Zeitschrift für Electrochemie.*)

Galvanomètres. — Siemens et Halske construisent des galvanomètres à cadre mobile dont les constantes sont données ci-dessous et qui, d'après le Dr Jack, se prêteraient aussi bien aux mesures de résistance (pont ordinaire ou double) qu'aux mesures balistiques. (La distance de l'échelle au miroir = 2000 divisions.)

	Résistance.	Durée d'oscillation.	Déviation par micro-ampères.
N° I	15^{Ω}	6^{s}	80
N° II	350	14	2360
N° III	150	15	1165

Le galvanomètre à grande résistance a un cadre en cuivre électrolytique. Son fil a $0^{cm},005$ de diamètre; il est suspendu par une lamelle de bronze phosphoreux de $0^{cm},005$ d'épaisseur, et un fil d'argent fin sert à la sortie du courant; le système mobile pèse 6^{gr}; il devient apériodique quand il est fermé sur une résistance de 10000 ohms.

Wattmètres. — La méthode suivante de E. Danielson est proposée, pour corriger, avec une précision suffisante, les indications des wattmètres pour courants alternatifs; à la bobine mobile on ajoute en série une résistance R_1 non inductive; en dérivation sur ce circuit en est placé un second comprenant deux bobines semblables à la bobine mobile, sans induction réciproque, et une résistance R_2 non inductive, et telle que ces deux circuits aient même résistance (ohmique). L'une des bornes du wattmètre est attachée à l'un des points de bifurcation par l'intermédiaire d'une résistance R_3 non inductive, égale à celle des deux premiers circuits; l'autre

borne est rattachée directement à l'autre bifurcation. Les règles ordinaires du calcul des courants périodiques montrent que si l'on peut confondre l'arc α, dont la tangente est $L\frac{\omega}{R}$, avec sa tangente, la correction est presque rigoureuse; l'intensité du courant qui traverse la bobine mobile est $\frac{U}{3R}$, et sa phase est celle de U. Ainsi, en employant comme wattmètre la balance de Lord Kelvin, pour laquelle $L = 0{,}022$ henry, et $R = 400$ ohms, pour mesurer la puissance absorbée par un moteur à vide ($\cos\varphi = 84°$, fréquence $= 50$), l'erreur serait de 14 %; par la méthode ci-dessus, en donnant à chaque circuit une résistance de 133 ohms, l'indication du wattmètre devient correcte à 0,34 %.

Éléments étalons. — Les éléments étalons du Dr Hibbert, dérivés de la pile au calomel de Helmholtz, peuvent donner une force électromotrice aussi voisine de 1 volt qu'on le désire, en modifiant la concentration du chlorure de zinc; leur coefficient de dilatation est moindre que celui du Latimer Clark, ce qui élimine aussi l'effet fâcheux du retard des variations de la force électromotrice sur celles de la température. M. Fisher aurait trouvé une variation de 0,0000733 par degré, entre 16° et 31°C., soit moins d'un millième pour dix degrés. (*The Electrician*, 4 décembre 1896.)

Hystérésis. — Le Professeur Ewing s'est proposé de perfectionner les procédés de mesure de la perméabilité et de l'hystérésis; pour éliminer l'influence des culasses, il s'est arrêté au procédé suivant : Deux barres sont tournées exactement au même diamètre (par exemple $0^{cm},952$). Deux culasses ou blocs de fer de $2^{cm} \times 2^{cm},5$ de section, sont percées de deux trous du diamètre des barreaux à essayer, et dont les centres sont à une distance de $2^{cm},2$ l'un de l'autre. Chaque bloc est en outre muni de vis pour serrer les barreaux. On place les culasses à $12^{cm},56$ de distance, après avoir enfilé sur chaque barreau une bobine de 100 tours; on place ensuite les culasses à $6^{cm},28$, et l'on substitue aux premières bobines des bobines de 50 tours. Si les réluctances des culasses et des joints étaient négligeables, si le circuit magnétique était rigoureusement fermé, les flux, correspondant à des courants égaux dans les deux cas, seraient les mêmes et correspondraient à une force magnétique égale à $10 \times I$. Or, les valeurs de $\mathfrak{B}$ mesurées par la méthode balistique diffèrent de 10 jusqu'à 50 % de la plus faible. Si *l'on admet* que les joints et la culasse absorbent la même force magnétomotrice dans les deux essais, on peut écrire dans chaque expérience $HL + \varepsilon = 1{,}257\, NI$; ou si H_1 et H_2 correspondent à $N_1 = 100$ et à $N_2 = 50$, $\varepsilon = (H_2 - H_1)\, 12{,}57$ [en général $(H_1 - H)L_1 = \varepsilon = (H_2 - H)L_2$]; d'où l'on déduit ε, ou, d'après les hypothèses faites, la force magnétomotrice à retrancher de la force calculée, pour avoir la *vraie* force correspondant au $\mathfrak{B}$ observé.

Le Tableau suivant résume les expériences faites sur du fer de Lowmoor.

$10 \times I =$	2,05.	3,07.	4,10.	5,12.	6,15.	8,20.	10,25.	15,4.	20.	30.	50.	70.	120.
$\mathfrak{B}_1$	1650	4600	7440	9490	10750	12280	13200	14410	14950	15700	16550	17150	18100
$\mathfrak{B}_2$	1360	3190	5660	7920	9560	11590	12700	14160	14750	15550	16470	17050	17960

Pour construire la courbe réelle du magnétisme, d'après Ewing, il faut, après avoir construit les courbes $\mathfrak{B}_1$, $\mathfrak{B}_2$, prendre pour abscisse H, correspondant à une ordonnée $\mathfrak{B}$, $2x_1 - x_2 = x$; x_1 et x_2 étant les abscisses correspondant à la donnée $\mathfrak{B}$ sur les deux courbes.

(*The Electrician*, 4 décembre 1896.)

Malgré l'autorité qui s'attache au nom du Dr Ewing, il est permis de se demander si une méthode basée sur l'emploi de corrections aussi considérables, et dont le calcul repose sur une hypothèse arbitraire, peut être préférable à la méthode classique qui suppose seulement l'usage de barreaux d'une longueur égale à soixante fois leur diamètre.

Transformateurs. — Un transformateur de Ganz, à anneau, de 200 watts ($N_1 = 360$, $N_2 = 36$. Longueur du circuit magnétique 51,5; section utile $24^{\text{cmq}},5$), reçoit dans son primaire le courant d'un alternateur Siemens et Halske à force électromotrice sinusoïdale, le secondaire est *a* ouvert, *b* fermé sur un circuit de très grande self-induction, contenant une batterie d'accumulateurs. On détermine, dans les deux cas, les valeurs instantanées du courant et de la différence de potentiel aux bornes du primaire.

L'alternateur étant excité par un courant constant, on avait un courant de 0,34 A dans le primaire (cas *a*) qui s'élevait à 0,59 A (cas *b*) lorsque le secondaire était parcouru par un courant constant de 2,77 A; la courbe des intensités est en même temps altérée; les points zéro sont séparés par un intervalle différant d'une demi-période, les maxima positifs et négatifs sont différents en valeur absolue (rapport des temps, 27 : 37; rapport des maxima, 1,13 : 0,71). Les variations de B (induction) atteignent 10000 dans le premier cas, 8300 dans le second; les pertes par hystérésis et par cycle, 3020 et 2840 ergs; la loi de Steinmetz est donc inexacte, il s'en faut de 25 % que ces chiffres soient entre eux comme $10000^{1,6}$: $8300^{1,6}$. Dans une autre expérience, on s'est arrangé de manière à avoir, dans les cas *a* et *b*, la même tension aux bornes; l'hystérésis a varié dans le rapport de 22,8 (cas *a*) à 38,8 (cas *b*); il a fallu pour cela un courant de 0,28 A (*a*) ou de 0,48 A (*b*), le courant continu étant de 2,3 ampères. Ce second mode de procéder n'est pas rigoureux, l'écart des valeurs de B dans un cycle n'étant pas, à cause de la déformation des courbes, proportionnel à la valeur efficace de la force électromotrice induite.

(*Elektrotechnische Zeitschrift*, 17 décembre 1896.)

Il est fâcheux que les auteurs n'aient pas étudié l'influence d'un magnétisme rémanent sur la perte d'hystérésis : on eût pu trouver dans cette étude l'explication d'anomalies observées dans le fonctionnement des transformateurs.

Les causes qui produisent une augmentation de perte par hystérésis avec l'usage sont encore inconnues. M. John F. Kelly annonce que le fer, ne contenant que 0,0235 °/₀ de silicium, ne présenterait pas cet inconvénient; mais il serait cassant et difficile à recuire.

Alternateurs. — M. V. Kandö a étudié un alternateur à fer tournant, dit *unipolaire*, de 100 kilowatts et à double armature. A circuit ouvert, un pôle étant en face d'une bobine, il trouve que du flux magnétique émis par le fer tournant, $74\ °/_0 = F_1$, passe dans les bobines vis-à-vis des pôles, $8\ °/_0 = F_2$ dans les bobines placées entre les pôles, et $F_3 = 18\ °/_0$ rentre dans l'anneau porteur des enroulements sans passer par les bobines; le flux F_4 qui partirait d'une bobine pour rentrer dans l'anneau par les voisines est sensiblement nul. Si l'induit, d'ailleurs peu résistant, est mis en court circuit, l'intensité (moyenne) étant I_0 dans chaque phase, les F changent de valeur, et l'on peut admettre que

$$F'_1 - F'_2 - F'_4 = 0;$$

de l'intensité I_0 et du nombre d'ampères-tours effectifs, combinés avec les réluctances des divers circuits magnétiques, on déduit

$$F'_1 = 45\ °/_0, \qquad F'_2 = 11\ °/_0, \qquad F'_3 = 18\ °/_0, \qquad F'_4 = 34\ °/_0.$$

Le flux sortant du fer n'est plus que 74 °/₀ du flux à vide. Comme vérification, si l'on met en court circuit l'une des phases, l'autre à circuit ouvert donne un abaissement de 13 °/₀ de la force électromotrice induite. Dans cet exemple, le rapport des ampères-tours (¹) induits en court circuit (nI_0) aux ampères-tours inducteurs (NI) doit être $\frac{F_1 - F'_1}{F_1}$, soit 0,39; la mesure directe donne 10000 ampères-tours pour l'inducteur et 1950 ampères-tours pour chaque induit.

A un champ variant de 6500 unités sous les pièces polaires correspond dans le fer une induction $6500 \times 2 \frac{F_1}{F_1 - F_2} = 14600$, qu'on ne peut dépasser, mais acceptable si la fréquence ne dépasse pas 100.

L'entrefer de cette machine était 6^{mm},5; en faisant des hypothèses plausibles sur les pertes magnétiques, on peut dresser le Tableau suivant :

(¹) L'auteur calcule les ampères-tours de l'induit d'après l'intensité efficace.

Entrefer		4,00	6,5	10,00	13,00	15,00
Excitation (relative)	à vide	0,59	1,00	1,65	2,28	2,74
Flux total (relatif)	à vide	0,86	1,00	1,22	1,43	1,59
Court circuit	court circuit	0,77	1,00	1,23	1,34	1,27
Rapport $\frac{nI_0}{NI}$	court circuit	0,51	0,39	0,29	0,23	0,18

toujours avec le même champ, sous les pièces polaires.

Une augmentation de diamètre (à vitesse angulaire, fréquence et section du fer égales) ferait croître sensiblement dans le même rapport le quotient $\frac{nI_0}{NI}$.

Les conclusions de la Note sont les suivantes :

Le type dit *unipolaire* ne convient que si on l'associe à des armatures doubles (induits), la capacité pouvant être de 74 % plus grande que si l'armature est unique; l'augmentation de l'entrefer n'est utile que dans des limites restreintes, tandis que l'augmentation de vitesse permet toujours de réduire le poids du fer. Dans les alternateurs ordinaires à pôles multiples, le rapport des ampères-tours induits aux ampères-tours inducteurs varie de 0,6 à 0,7; il est beaucoup plus faible que dans les alternateurs à fer tournant.

La dispersion des lignes de force est aussi plus considérable. Le dernier type est donc inférieur au premier quand on ne profite pas de son mode de construction pour donner à la partie mobile la plus grande vitesse périphérique possible.

Moteurs asynchromes. — Comme suite à ses études sur les lampes à arc et les transformateurs, le Dr Rœssler étudie l'influence de la forme de la courbe de force électromotrice sur les moteurs asynchrones.

Le moteur essayé est monophasé, provient d'Œrlikon, à cage d'écureuil; c'est un moteur de 3 chevaux et 110 volts; les alternateurs étaient l'un une ancienne machine Siemens (type dit *sans fer*) et une machine Ganz, essayés sur un transformateur hérisson. La première donnait un courant de 15 ampères, et 711 watts étaient consommés à vide : pour la seconde, ces chiffres se réduisent à 13 ampères et 598 watts. Dans les essais sur moteur, la première a donné, à toute charge, un courant moindre et un meilleur facteur de puissance, et un meilleur glissement. A vide, la machine Ganz est peut-être supérieure, mais dès que la charge est notable, le rendement du moteur devient inférieur (jusqu'à 6 %) au rendement obtenu avec la machine Siemens. La puissance maximum du moteur associé à la machine Ganz est inférieure de 15 %, tandis qu'il consomme un courant de 15 % plus fort.

Il est facile de voir, *a priori*, que la forme sinusoïdale est préférable pour les moteurs; car aux harmoniques qui se superposent à la sinusoïde

simple correspondent des glissements et, par suite, des courants considérables et sans effet utile dans l'armature.

(*Electrotechnische Zeitschrift*, novembre et décembre 1896.)

Mise en parallèle des alternateurs. — La disposition suivante est adoptée à Hastings pour rendre plus sûre la mise en parallèle des alternateurs. Un solénoïde porte deux enroulements, l'un en série avec l'alternateur, l'autre pris (directement ou avec transformation) en dérivation sur les barres de distribution; ce second enroulement est fait dans un sens pour la partie inférieure du solénoïde, en sens contraire pour la partie supérieure; le noyau de ce solénoïde actionne, par l'intermédiaire d'un levier et d'un poids, l'interrupteur dit *automatique* A : celui-ci est en série avec un interrupteur à main M. La manœuvre comporte quatre temps : au premier, la manivelle de A est inclinée à gauche vers le bas, ce qui relève le poids; celui-ci, appuyé sur le levier de l'armature, ne peut retomber; en même temps, l'interrupteur A se trouve fermé, tandis que M est ouvert; lorsque l'alternateur est en vitesse, on ferme M, et les machines sont en parallèle. Si l'opération n'a pas réussi, l'armature est soulevée; le poids retombe et ouvre A; tant que l'alternateur reste générateur, A reste fermé; il s'ouvre dès qu'il devient réceptrice. Combiné par L. Andrews.

Cet interrupteur est décrit avec détail dans *The Electrician* du 13 novembre.

(*Elect. Review*, 9 octobre.)

Défauts sur réseau à haute tension. — Lorsque apparaît un défaut sur un réseau à haute tension, sa résistance initiale peut être d'un mégohm ou de plusieurs centaines de mille ohms; il ne peut être alors localisé par les méthodes usuelles. On conseille alors, après avoir séparé du réseau, à une heure convenablement choisie, le câble soupçonné, de le soumettre à une tension double de la tension normale, à plusieurs reprises, jusqu'à ce que le défaut cède et se transforme en court-circuit.

L'opération se fera avec trois transformateurs : le premier branché sur un alternateur et alimentant en parallèle, par son gros fil, les gros fils des deux autres, dont les fils fins associés en série sont branchés entre l'âme du câble et son enveloppe; le tout protégé par des coupe-circuits fusibles appropriés et des résistances permettant d'arriver progressivement à la tension voulue. (*The Electrician*, 23 octobre 1896.)

Essai des isolateurs. — M. Nevil Hopkins essaye les isolateurs destinés aux lignes à haute tension (2000 volts) au moyen d'un transformateur à 30 000 volts. Partant d'une distribution à 2000 volts, il réduit la tension à 100 volts au moyen d'un transformateur dont le secondaire porte les instruments de mesure et une bobine de réaction; ce secondaire est le pri-

maire du transformateur à 30 000 volts; les isolateurs et un interrupteur à boules écartés de $3^{cm},8$ sont en dérivation aux bornes du secondaire.

Les isolateurs défectueux chantent d'abord, puis craquent et s'échauffent jusqu'au rouge au point faible. Tout isolateur qui s'échauffe, au bout de trente minutes, doit être rejeté.

(*Electrical Engineer*, 11 novembre 1896.)

Résistances des balais. — MM. Cox et Buck, du Columbia College, ont expérimenté des balais de cuivre, laiton et charbon; ils estiment que le courant ne doit pas dépasser 27^A, 20^A et 5^A par centimètre carré de surface de contact. La résistance électrique décroît rapidement d'abord, très lentement ensuite quand la pression augmente. Elle est toujours plus grande sur un commutateur en cuivre que sur un commutateur en fer; le frottement se laisse représenter par une formule linéaire $F(1,125 - 0,025\,v)$, si v est la vitesse en mètres.

A la vitesse de 5^m, ils donnent le Tableau suivant :

Pression (kilogrammes par centimètre carré).	Résistance (ohms par centimètre carré).			Frottement (kilogrammes par centimètre carré) à sec.			Frottement (kilogrammes par centimètre carré) graissé.		
	A.	B.	C.	A.	B.	C.	A.	B.	C.
34.......	0,064	3,20	2,57	41	21	34	11	7	14
69.......	0,058	1,54	1,28	95	43	69	22	14	21
103.......	0,051	0,96	0,83	117	66	104	33	21	31
138.......	0,045	0,77	0,64	155	86	138	44	28	42
172.......	0,038	0,64	0,56	186	110	172	55	35	52
207.......	0,035	0,58	0,51	235	131	207	66	42	62
242.......	0,033	0,53	0,48	272	152	242	77	48	73
275.......	0,032	0,51	0,45	310	172	275	90	55	83

Tramways. — M. R. Eyre est convaincu de l'utilité des voies continues en matière de traction électrique; il reconnaît que la soudure électrique n'a pas réussi dès le début, que des ruptures trop fréquentes ont eu lieu à Brooklyn, Boston, Cleveland et Saint-Louis. Mais, aujourd'hui, on peut souder les rails bout à bout en exerçant une forte pression sur la soudure; le grain de la soudure est celui du rail, et elle peut résister à un effort trois ou quatre fois plus considérable que celui qui est produit par les variations de température. Si les joints faits à la fonte ont donné moins de rupture, c'est que le travail est plus simple et analogue à celui de la fonderie, tandis qu'il y avait une technique à inventer et des hommes à former pour faire de bonnes soudures sur la voie.

(*Street Railway Journal.*)

ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ.

ORGANISATION DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ (1).

Le Comité d'administration de la Société internationale des Électriciens a décidé, dans sa séance du 25 novembre, de séparer les services du Laboratoire central d'Électricité et ceux de l'École supérieure d'Électricité qui lui avait été adjointe au mois de novembre 1894. Cette séparation était rendue nécessaire par l'origine différente des ressources qui subviennent aux frais de ces deux établissements.

Le budget du Laboratoire comporte, en effet, aujourd'hui, en recettes et en dépenses, des sommes à peu près fixes.

Le budget de l'École, variable avec l'extension des Services, est alimenté par des souscriptions spéciales et par les rétributions des élèves et des auditeurs libres.

Le Comité a pensé, en outre, qu'il était utile de séparer les Conseils de ces deux institutions, et d'intéresser plus directement les donateurs aux progrès de l'École supérieure d'Électricité.

Il a, en conséquence, arrêté le règlement suivant qui sera en vigueur à partir du 1er janvier 1897.

RÈGLEMENT ADMINISTRATIF.

Art. 1. — Le budget de l'École supérieure d'Électricité est alimenté :

1° Par les souscriptions recueillies pour l'entretien ou le développement de l'École;

2° Par les rétributions des élèves et des auditeurs libres.

Art. 2. — Il est institué un Conseil de perfectionnement de l'École qui comprendra :

1° Le Président de la Commission administrative du Laboratoire, Président;

2° Le Président en exercice, le Président désigné pour l'exercice suivant, et le Secrétaire général de la Société internationale des Électriciens;

3° Trois membres de la Société des Électriciens, élus pour une période de trois ans par le Comité d'administration de la Société;

4° Le Directeur de l'École centrale des Arts et Manufactures (2);

5° Les membres fondateurs (3).

---

(1) Dans sa séance du 30 décembre 1896, le Comité d'administration a décidé que l'École d'application porterait désormais le nom d'*École supérieure d'Électricité*.

(2) Par décision de M. le Ministre du Commerce, l'École Centrale a été autorisée à subvenir aux frais d'études d'un certain nombre de ses élèves, ayant satisfait aux examens de sortie, et désireux de compléter leur instruction, au point de vue électrique, en suivant les cours de l'École supérieure d'Électricité.

(3) Sont considérés comme Membres fondateurs les Administrations, Sociétés ou particuliers, qui contribueront à l'entretien et au développement de l'École, par une souscription annuelle de 1000fr ou par une donation de 10000fr.

Ces Administrations ou Sociétés sont représentées au Conseil de perfectionnement par un délégué.

6° Les personnes qui donnent leur concours à l'École par des conférences régulières;
7° Le Directeur de l'École.

Art. 3. — Le Conseil de perfectionnement se réunit sur la convocation du Président et au moins deux fois par an.

Il détermine les conditions d'admission, le programme de l'enseignement et des travaux de l'École.

Il se prononce sur toutes les questions relatives à la nomination et aux traitements des Professeurs et du personnel.

Il règle, en fin d'exercice, l'emploi de tous les excédents disponibles, à charge par lui d'en rendre ultérieurement compte au Comité d'administration de la Société internationale des Électriciens.

Il fait exécuter, dans la limite des crédits dont il dispose, toutes les améliorations à apporter aux installations ou au matériel de l'École.

Il soumet au Comité d'Administration les propositions de dépenses extraordinaires, pour lesquelles un crédit supplémentaire serait jugé nécessaire.

Il prépare annuellement le budget de l'École et le soumet à l'approbation du Comité d'administration.

Art. 4. — Le Conseil de perfectionnement pourra proposer, au Comité d'administration de la Société internationale des Électriciens, les modifications au présent règlement dont l'expérience aura fait reconnaître l'utilité.

RAPPORT SUR LE FONCTIONNEMENT DE L'ÉCOLE.

1. Nombre des élèves. — Le nombre des élèves a été le suivant :

		Nombre d'élèves.	Diplômes.
Première année.......	1894-1895	12	8
Deuxième année......	1895-1896	16	9
Troisième année......	1896-1897	40	»

Ce nombre a donc plus que doublé à la dernière rentrée. Il faut y ajouter une quinzaine d'auditeurs libres qui suivent régulièrement les cours, et quelques élèves du Laboratoire [1] qui y sont admis également, en sorte que le public actuel des cours et conférences s'élève à une soixantaine de personnes environ, qui remplissent entièrement la nouvelle salle de cours construite pendant les vacances.

2. Origine des élèves. — L'origine des élèves actuellement présents à l'École est la suivante :

École Centrale......................	20
École des Mines.....................	3
École Polytechnique.................	2
Licenciés ès Sciences...............	3
Écoles d'Arts et Métiers............	2
Étrangers...........................	6
Divers..............................	4
	40

[1] Ces élèves sont tout à fait distincts de ceux de l'École.

L'École Centrale des Arts et Manufactures a décidé de nous envoyer chaque année un certain nombre de ses élèves sortant avec leur diplôme, et de prendre à sa charge leurs frais d'études; treize jeunes gens ont profité à la dernière rentrée de cette faveur. Cette heureuse disposition assure à l'Ecole supérieure d'Électricité un recrutement régulier d'élèves ayant déjà une forte éducation technique, en même temps qu'elle donne aux ingénieurs électriciens sortant de l'École Centrale un complément pratique de leurs études.

3. Organisation des études. — Les travaux de l'École durent neuf mois, du 1er novembre au 1er août. L'enseignement comprend une partie pratique et une partie orale.

1° *Enseignement pratique.* — Les élèves réguliers sont partagés en deux séries, de dix-huit à vingt chacune, qui vont alternativement au laboratoire de mesures et à l'atelier.

Au laboratoire, les élèves se groupent par deux ou trois; ils reçoivent au commencement de l'année les menus objets (bornes, piles, fils, etc.) d'usage courant et les conservent dans des armoires-vestiaires dont ils ont les clefs et qui leur servent également à ranger leurs vêtements de travail.

Les appareils plus importants leur sont confiés à chaque série de mesures. Les exercices, dirigés par le chef des travaux, comportent les mesures de résistance, d'intensité, de force électromotrice, de capacité, de coefficients d'induction, de perméabilité magnétique et d'hystérésis, de photométrie, etc. avec tous les cas particuliers qui peuvent se présenter; ils sont tenus en parfaite harmonie avec le cours de mesures et avec les besoins de l'industrie.

A l'atelier, chaque élève se rend acquéreur d'une collection d'outils usuels qui restent sa propriété personnelle et qu'il conserve dans un tiroir fermé également à clef. Les travaux sont dirigés par le mécanicien avec le concours, pendant les deux ou trois premiers mois, d'un menuisier. Les élèves sont initiés au travail du bois, du fer et du cuivre; ils apprennent le maniement du burin, de la lime et du tour; outre ces exercices de mécanique, ils font dans le courant de l'année des exercices plus spécialement électriques (épissures, montages, enroulements d'induits, etc.) et construisent eux-mêmes les menus appareils dont ils ont besoin pour leurs travaux de laboratoire.

Pendant le second semestre, les essais de dynamos, de moteurs, de transformateurs emploient la plus grande partie du temps : ces essais sont faits à la salle des machines.

Enfin, les élèves passent tour à tour à la conduite de la machine à vapeur sous la direction du chauffeur-mécanicien. Les essais à l'indicateur font partie des essais de machines. Pendant ce second semestre ont lieu

les visites d'usines (une par semaine au moins). Des rapports détaillés sur ces visites sont exigés des élèves.

2° *Enseignement oral.* — L'enseignement oral, qui occupe quatre matinées par semaine, est représenté par deux cours réguliers et une série de conférences faites à titre gracieux par les hommes les plus autorisés dans différentes spécialités.

Le programme de ces cours et conférences est donné ci-dessous.

PROGRAMME DE L'ENSEIGNEMENT.

I. — Cours réguliers.

1° M. Janet, Directeur de l'École. — *Cours sur les applications industrielles de l'Électricité.*

2° M. Chaumat, Chef des Travaux. — *Cours sur les mesures électriques.*

II. — Conférences.

M. Baudot, Ingénieur des Télégraphes. — *Télégraphie.*

M. Bochet, Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du Service des installations d'éclairage électrique à la Maison Sautter, Harlé et Cie. — *Installations électriques; canalisations.*

M. Brunswick, Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du Service électrique de la maison Breguet. — *Enroulements d'induits.*

M. Chaumat, Chef des Travaux à l'École. — *Analyses chimiques utiles à l'Ingénieur électricien et Électrochimie.*

M. Hillairet, Ingénieur des Arts et Manufactures, Secrétaire général de la Société internationale des Électriciens. — *Applications mécaniques de l'Électricité; mesures dynamométriques, traction. — Rappel des propriétés fondamentales des turbines et machines à vapeur.*

M. Loppé, Ingénieur des Arts et Manufactures, Sous-Inspecteur du Service télégraphique aux chemins de fer de l'État. — *Accumulateurs.*

M. Picou, Ingénieur des Arts et Manufactures. — *Calcul et construction des dynamos, alternateurs et transformateurs.*

M. E. Sartiaux, Chef des Services électriques à la Compagnie des chemins de fer du Nord. — *Application de l'Électricité aux chemins de fer.*

M. de la Touanne, Ingénieur des Télégraphes. — *Téléphonie.*

III. — Enseignement pratique.

M. Chaumat. — *Travaux de laboratoire et essais de machines.*

M. Loppé. — *Essais de machines.*

M. Maréchal. — *Travaux d'atelier et machine à vapeur.*

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

France.

Annuaire pour l'an 1897, publié par le Bureau des Longitudes. 1 vol. in-18. Paris, Gauthier-Villars et fils. (*Don des Éditeurs.*)

Les applications de l'Électricité, par M. J. Sageret. 1 vol. in-8°. Paris, Imprimeries réunies. (*Don de l'Auteur.*)

La Commune électrique, par M. C. Amphoux. 1 broch. petit in-8°. Castres, imp. Abeilhou, 1896. (*Don de l'Auteur.*)

Éclairage par incandescence au moyen des brûleurs auto-mélangeurs, par M. A. Bandsept (Extrait des *Comptes rendus de la Société des Gaziers belges*). 1 broch. in-8°. Bruxelles, imp. Seveireyns, 1896. (*Don de l'Auteur.*)

La Traction électrique, par M. Paul Dupuy. 1 vol. in-8°. Paris, Librairie des Sciences générales, 1897. (*Don de l'Éditeur.*)

Étranger.

Die Gasbahn Hirschberg, Warmsbrunn, Hermsdorf, par M. H. Fromm. 1 broch. grand in-8°. Wiesbaden, J.-F. Bergmann, 1896. (*Don de la Compagnie d'éclairage par le gaz de Metz.*)

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

COMPTE RENDU DE LA RÉUNION EXTRAORDINAIRE

du mercredi 20 janvier 1897 [suite (1)].

SUR L'ARC ÉLECTRIQUE EN VASE CLOS,

Par M. le Dr MARKS (2).

« L'utilisation sans précédent que l'on a faite, en Amérique, de l'arc en vase clos a attiré l'attention des électriciens et des ingénieurs américains et aussi celle des savants de tous les pays. Bien que plusieurs inventeurs aient dans le passé obtenu un succès pas-

(1) Le procès-verbal de cette séance a été publié dans le *Bulletin* mensuel de janvier, afin de réunir dans un même fascicule les discussions des 3 et 20 janvier sur la *Traction mécanique dans Paris*.

(2) Communication présentée, au nom de M. Marks, par M. X. Gosselin.

sager, en somme les tentatives faites pour réaliser industriellement l'arc enfermé furent sans résultat.

» Avant d'entrer dans les détails du sujet et avant d'aborder l'historique de l'éclairage électrique par l'arc enfermé, je crois utile de rappeler ici la distinction caractéristique qui existe entre l'arc normal ordinaire et l'arc enfermé. Le premier, l'arc à l'air libre, est généralement enfermé dans un globe plus ou moins hermétique haut et bas. L'arc en vase clos se trouve dans le même cas; mais, tandis que l'arc ordinaire demande pour son fonctionnement normal un excès d'air comburant, l'arc en vase clos est entretenu dans une enceinte complètement ou presque complètement séparée de l'atmosphère. Ceci posé, j'aborderai l'exposé rapide des formes anciennes de l'arc en vase clos.

» C'est vers 1846 que Staite, le premier, produisit une lampe à arc enfermé. L'un des charbons était fixé sur une tige qui pénétrait par un orifice ajusté à frottement doux dans un globe. A la partie inférieure de ce globe se trouvait une autre ouverture également ajustée donnant passage à un tube supportant la seconde électrode. L'avancement des charbons se faisait par un mouvement d'horlogerie. On produisait l'arc en écartant les charbons à la main. A cette époque déjà lointaine Staite signalait ce fait : « que plus l'atmosphère qui entoure l'arc se trouve raréfiée et privée d'oxygène, » plus la lumière est continue et brillante; d'où l'avantage qu'on » trouve à enfermer les électrodes dans un vase de faibles dimensions complètement fermé, mais muni d'une soupape destinée à laisser échapper l'air au moment où l'expansion développe » dans le globe une pression dépassant les limites compatibles avec » les conditions de sécurité de l'appareil ».

» Environ une année plus tard Staite perfectionna sa lampe dans les détails. Au lieu de faire jaillir l'arc en écartant les charbons à la main, la lampe s'allumait au moyen d'un électro-aimant. L'arc était enfermé dans un vase hermétique et le réglage s'obtenait par une combinaison électromécanique.

» Une longue période d'abandon suivit les essais de Staite, et ce n'est qu'après 1870 que la question fut reprise activement. En 1878, F.-H. Varley inventa une lampe munie d'une chambre close dans laquelle un filet de poudre de charbon tombait d'une électrode sur

l'autre, comme cela se passerait dans un sablier. Le jet de poudre était porté à l'incandescence par le courant. Un mécanisme spécial reprenait la poudre qui avait traversé le courant pour la faire servir de nouveau. En 1879, George André imagina une lampe électrique dans laquelle les charbons étaient enfermés, à l'abri de l'air, dans un large globe, aucun dispositif n'ayant été ménagé pour la sortie ou la rentrée de l'air. L'oxygène de l'air se combinait peu à peu avec le charbon volatilisé, pendant la marche de la lampe, jusqu'à ce que l'atmosphère fût transformée en gaz carbonique.

» Vers cette époque, il y eut une production considérable de lampes à arc d'un type quelque peu différent : les lampes à arc *semi-incandescent*. Dans ce type de lampes, les électrodes de charbon ou d'autre matière étaient réunies en contact imparfait, et ce contact sous le passage du courant était amené à l'incandescence. Parmi ces lampes il convient de citer celles de Brougham, André et Easton et de Edges.

» La lampe bien connue de Werdermann, qui parut en 1882, est un autre type de lampe à arc incandescent. Les charbons étaient contenus dans une capacité hermétiquement close. Un ressort appliquait sans cesse un crayon de charbon sur une large électrode négative. Le crayon passait à travers un bloc de magnésie ou d'autre substance réfractaire et le crayon de charbon devenait incandescent sur une grande longueur, dans l'espace compris entre le bloc et le contact. Dès que la lampe entrait en fonctionnement, l'oxygène contenu dans le bloc se combinait avec le charbon, et les gaz résultants étaient un mélange d'azote et de gaz carbonés. Parmi les autres lampes du même type, dans lesquels on ne se servait pas de l'arc à proprement parler, on trouve également les modèles de Jansen, 1875, Scott, 1878, et plus tard ceux de Rapieff, Nordenfelt, Pilleux et Quesnot.

» Le développement de l'éclairage électrique, de 1880 à 1884, nous offre un grand nombre de lampes dans lesquelles on fait usage de l'arc jaillissant en vase clos. Les principales furent celles de Wallace, Brewer et Menges; celle de Beardlee dans laquelle l'arc était enfermé dans un petit globe hermétiquement clos à la partie inférieure et présentant à la partie supérieure un col étroit à travers lequel se mouvait le charbon; celle de Baxter dans laquelle tout le

mécanisme était enfermé à l'abri de l'air, avec un dispositif de soupapes permettant aux gaz surchauffés de s'échapper dans l'atmosphère. Outre ces différents types il en existe d'autres qui ne différaient des précédents que par les détails.

» En Amérique la première tentative d'utilisation commerciale de l'arc en vase clos remonte à 1880, à l'époque où Beardlee produisit sa lampe et où William Baxter fit des essais de lampes en vase clos de longue durée. Les expériences de Baxter couvrirent une période de plusieurs années, mais finalement échouèrent. De temps à autre certains inventeurs reprirent la question, mais le résultat de leurs études n'est guère différent des résultats acquis par leurs prédécesseurs, et il serait oiseux de s'étendre ici sur les divers dispositifs proposés après l'apparition des appareils de Beardlee et de Baxter.

» Nous arrivons à l'époque où Howard reprit l'étude de la question en collaboration avec moi il y a environ cinq ans. Beaucoup d'entre vous, sans doute, ont eu connaissance des essais dont j'ai donné un compte rendu au Congrès international de Chicago en août 1893. Mon rapport avait été préparé à la hâte sur un sujet qui, de l'avis même de ceux qui avaient suivi mes expériences, était digne d'être décrit dans le plus grand détail. Sur beaucoup de points, l'appareil que je décrivis au Congrès était neuf, bien qu'en principe il ne différât pas essentiellement des types antérieurement mis au jour. On pensait à cette époque que l'arc enfermé trouverait un vaste champ d'application dans les éclairages par arc en série, à intensité constante. Des efforts furent donc tentés pour adapter aux lampes actuellement en service un dispositif qui permettrait d'enfermer l'arc. Ce dispositif, qui était quelque peu rudimentaire, consistait en un vase cylindrique en verre muni de disques serrés haut et bas sur les orifices du cylindre. Le disque à la base était étanche, celui du haut était muni d'une ouverture donnant passage au charbon. L'électrode négative était ici métallique. J'aurai l'occasion de revenir plus loin sur cette électrode métallique et aussi de signaler la principale cause d'échec de ce dispositif et de bien d'autres types de lampe à arc clos. Ultérieurement un autre dispositif fut employé, qui consistait simplement en un petit globe étanche par le fond et fermé dans le haut par un bouchon muni d'une soupape et à travers

lequel le charbon supérieur pénétrait. Ce dispositif pouvait s'adapter à toutes les lampes.

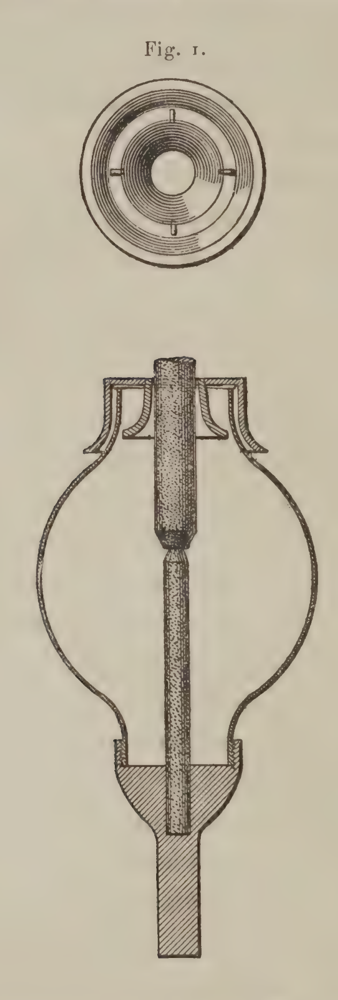
» L'électrode négative était, dans ce cas, en charbon. Un circuit de lampes de ce type fut essayé dans l'hiver de 1893 et les premiers mois de 1894 à Buffalo. Le rapport et la discussion des essais furent publiés dans les journaux électriques de l'époque et aussi dans les Comptes rendus de la National Electric Light Association, à Washington.

» Nous arrivons maintenant à l'étude de l'arc ventilé que j'imaginai il y a quelques années et qui fut décrit dans plusieurs journaux techniques français. La coupe de l'appareil, que je donne ci-contre, montre que l'on a ménagé deux ouvertures spéciales pour la circulation des gaz, une pour l'arrivée, l'autre pour la sortie. Le globe est hermétiquement fermé, à la partie inférieure, par un disque de laiton. A la partie supérieure se trouve un bouchon métallique, en forme de double cloche, qui constitue la nouveauté de l'appareil (*fig.* 1). La cloche extérieure épouse la forme de globe en verre et laisse un très faible espace annulaire par lequel passe l'air qui pénètre dans l'appareil. Cet air se trouve donc, avant d'entrer dans le globe, porté à une température relativement élevée. La cloche intérieure laisse passer librement le charbon supérieur avec un jeu toutefois assez faible pour n'offrir qu'un passage restreint à la sortie du gaz. Le bouchon ne repose sur l'orifice supérieur du globe que par le moyen de quatre nervures venues de fonte, et qu'on peut voir en plan sur la figure. Cette disposition permet donc aux gaz de circuler en pénétrant dans l'appareil par la cloche extérieure pour sortir autour du charbon supérieur. Les courants créés naturellement par la convection sont convenablement utilisés pour assurer une circulation permanente et uniforme d'air comburant. Dans ces conditions, la vie des charbons était prolongée trois ou quatre fois, les lampes étant toujours utilisées dans les mêmes conditions pratiques de courant et de voltage qu'avec les arcs ordinaires. En pratique industrielle, on constata bien vite que le champ des applications de l'arc ventilé était fort restreint, et qu'il y avait rarement un intérêt à en faire l'emploi sur les circuits existants.

» Le premier pas qui fut fait ensuite dans l'étude de l'arc en vase

clos nous donna la méthode et les dispositifs qui sont actuellement mis en usage avec le plus grand succès. Avant d'entrer dans le développement de ce sujet, je crois qu'il n'est pas sans intérêt d'exposer brièvement quelques essais de durée de charbon et quelques

Fig. 1.



recherches expérimentales que j'ai réalisés avec les premiers appareils que je vous ai montrés. La longueur du cylindre était de $16^{cm},5$ (hauteur totale), le diamètre était de $7^{cm},30$ et la capacité environ $0^{lit},650$. Les effets obtenus en introduisant certaines matières étrangères dans les charbons, et l'influence de certains gaz sur l'arc ont été consignés dans de longues Notes d'où nous extrayons quelques exemples plutôt dans le but d'indiquer le résultat général que pour faire l'analyse de chaque expérience. Je rappellerai également

quelques autres résultats obtenus en faisant usage de mon dispositif et principalement le phénomène bien connu de l'accroissement de l'électrode négative.

» Nous donnons, dans la Table qu'on lira ci-après, les mesures qui montrent la durée des charbons positif et négatif en fonction de l'ouverture pratiquée dans le bouchon métallique qui fermait le globe. On remarquera que, dans le premier essai, l'orifice qui donnait passage au charbon supérieur était sensiblement du même diamètre que le charbon. Au contraire, dans l'avant-dernier essai, le diamètre de l'orifice dépasse de $6^{mm},35$ celui du charbon; et, enfin, dans le dernier essai, le bouchon a été totalement enlevé.

Tableau de la durée du charbon. — Expérience au moyen du cylindre avec le bouchon à valve.

(Les charbons ont $11^{mm},11$ de diamètre.)

Diamètre de l'orifice dans le bouchon métallique en millimètres.	Courant moyen en ampères.	Différence de potentiel moyenne aux bornes de l'arc en volts.	Puissance moyenne en watts.	Usure du charbon positif par heure en millimètres.	Usure du charbon négatif par heure en millimètres.
11,15	7,97	63,11	503,49	2,222	0,102
11,905	7,96	62,9	500,68	1,988	0,312
12,7	7,99	62,98	502,21	1,905	0,424
14,287	7,99	62,8	501,77	2,328	0,424
17,46	8,00	61,1	496,80	2,753	0,534
28,575	7,94	62.8	498,69	11,556	8,077

» Comme cela est tout naturel, la durée des électrodes décroît rapidement à mesure que l'orifice est augmenté; mais, comme on le voit par les chiffres, il n'y a pas de proportionnalité directe. Dans chacune des expériences, l'arc était mis en marche dans une position légèrement au-dessus du centre du vase clos. On pourra voir également que la durée du négatif décroît bien plus vite que celle du positif, quand on augmente l'arrivée de l'air dans le globe. Ainsi, quand le charbon supérieur pénètre à frottement dans l'orifice, le rapport de l'usure de l'électrode positive à l'usure de l'électrode négative est égal à

$$\frac{2,222}{0,102} = 21,78.$$

» Quand le diamètre de l'orifice était de $6^{mm},35$ plus grand que

celui du charbon, l'excès d'oxygène dû à l'agrandissement de l'orifice attaque bien plus le négatif que le positif, et le rapport précédent devient

$$\frac{2,753}{0,534} = 5,16.$$

» Quand le couvercle est totalement enlevé, la différence devient encore plus notable et le rapport tombe à

$$1,43 = \frac{11,556}{8,077}.$$

» Dans une autre Table, je donne les résultats d'essais de durée des charbons lorsqu'on fait varier la position de l'arc dans le globe. On notera que, dans le premier essai, le charbon négatif avait $158^{mm},75$ de longueur, tandis que, dans le dernier, cette longueur était réduite à $66^{mm},116$ seulement. A mesure que l'arc change de position, pour s'enfoncer dans le fond du cylindre, la vie des charbons décroît. Ceci est dû à l'augmentation des courants de convection, pendant que le négatif se consume, augmentation qui active l'arrivée d'oxygène.

Table d'essais de durée. — Cylindre avec bouchon à valve.

(Charbon de $11^{mm},11$ de diamètre; courant moyen, 8 ampères; voltage moyen de l'arc, 63 volts.)

Position de l'arc dans le cylindre.	Longueur moyenne du charbon négatif en millimètres.	Usure moyenne du charbon positif par heure en milimètres.	Usure du charbon négatif par heure en millimètres.
Près du sommet	158,75	2,362	0,266
Entre le centre et le sommet	140,97	2,921	0,266
Au centre	123,19	3,683	0,393
Entre le centre et le fond	95,25	3,073	0,625
Près du fond	66,12	4,825	0,965

» Au point de vue de l'effet produit par divers gaz sur l'arc, je fis d'abord une expérience avec l'*hydrogène*. Le gaz était amené par un orifice sur le charbon positif. Des essais furent faits, le courant variant de 6 à 11 ampères et les volts de 60 à 77 volts. La longueur de l'arc, dans tous les essais, varie peu, la longueur maxima étant $2^{mm},56$ et la longueur minima $1^{mm},65$. On voit donc que la pré-

sence de l'hydrogène a pour effet d'augmenter considérablement la résistance de l'arc, en le raccourcissant environ au sixième de sa longueur normale, à égalité de courant et de voltage. L'arc aussi devient instable et la lumière est amoindrie. On notera ici que, lorsque le vase clos de nos lampes à arc actuelles est rempli d'humidité, les conditions se rapprochent beaucoup de celles de l'expérience avec l'hydrogène. L'arc, dans ce cas, est court et instable à l'allumage et reste ainsi jusqu'à ce que l'humidité soit dissipée.

» En second lieu, je fis un essai avec une atmosphère d'*iode*. De la teinture d'iode avait été placée dans un petit vase au fond du globe clos. Le courant variait de $5^{amp},5$ à 8 ampères dans nos divers essais, le voltage de l'arc était de 70 à 75 volts, et le voltage de la source 120. La longueur minima de l'arc était $2^{mm},79$ et celle maxima $3^{mm},17$. On remarquera que l'action de l'iode est assez semblable à celle de l'hydrogène; la tendance de ces deux atmosphères est d'augmenter la résistance de l'arc et de diminuer sa longueur. Toutefois, l'effet était moins marqué ici que dans le cas précédent.

» J'essayai ensuite une atmosphère de *chlore*. Le gaz, produit par une des méthodes ordinaires, était introduit dans le cylindre par le fond. Le courant variait de $2^{amp},3$ à 8 ampères. Le voltage de l'arc était compris entre 80 et 96 volts. La longueur variait entre $6^{mm},35$ et $36^{mm},32$. On remarquera que, dans ce cas, les résultats sont entièrement différents de ceux obtenus dans les deux dernières expériences. La présence du chlore réduit la résistance de l'arc énormément, au point de donner un arc de $6^{mm},35$ avec $2^{amp},4$ et 80 volts, et un arc d'au plus 36^{mm} avec 8 ampères et 96 volts.

» Voici maintenant quelques résultats obtenus avec des charbons imprégnés de diverses matières.

» Des charbons qui avaient été plongés pendant toute la nuit dans une solution de carbonate de sodium donnèrent, avec $8^{amp},5$ et 55 volts, un arc parfaitement stable pendant deux heures; après quoi le voltage augmenta et l'effet du carbonate disparut entièrement. Après deux heures il s'était formé, sur l'intérieur du globe, un dépôt épais ayant une tendance à faire craquer le verre. Les charbons américains et autres ont du carbonate dans la mèche et donnent des résultats plus ou moins analogues.

» Le chlorure d'ammonium fut ensuite essayé. Avec des charbons imprégnés de *chlorure d'ammonium,* l'arc atteignait environ une valeur double que dans le cas précédent. Le sel s'évapore à une température relativement basse, diminue la résistance de l'arc et ne laisse pratiquement aucun dépôt dans le vase clos. La partie inférieure du cylindre se recouvre d'une couche de sel volatilisé au début de l'opération ; mais, aussitôt que la température s'élève, le dépôt formé disparaît et le globe redevient parfaitement clair. Après quatre heures de marche, la base du cylindre est recouverte d'une couche de matière jaune verdâtre.

» J'essayai ensuite la *magnésie*. J'employai, comme mèche du charbon négatif, du carbonate de magnésie qui se trouvait converti par la chaleur en oxyde de magnésium. L'acide carbonique se dissocie à basse température relativement, et le voltage nécessaire pour obtenir un arc stable est très bas. Pendant quinze minutes, la différence de potentiel de l'arc se maintient entre 40 et 45 volts, avec un courant de 8 ampères, et l'arc est parfaitement fixe. L'aire du cratère est environ $8^{mm},2$. La décomposition du carbonate de magnésie était marquée par une série de petites explosions à peine perceptibles. Finalement, un bouton très dur de magnésie se déposa sur le haut du négatif. Ce bouton était extrêmement réfractaire. Il résistait à la chaleur de l'arc et se montrait sous forme d'un globule incandescent d'où l'arc semblait jaillir. La différence de potentiel de l'arc variait de 44 à 50 volts pour $8^{amp},5$. L'arc se maintint stable pendant une heure. Pas de dépôt appréciable dans le globe. De temps à autre légère coloration verdâtre de l'arc.

» Dans des essais comparatifs, différents types de charbons furent essayés, tous à peu près également purs, mais variant par leur structure moléculaire. J'essayai successivement : 1° des électrodes en noir de fumée comprimé ; 2° des électrodes de même matière constituante, mais obtenues à la filière ; 3° charbon de cornue comprimé ; 4° même matière passée à la filière ; 5° coke de pétrole comprimé ; 6° même matière passée à la filière. Les résultats furent les mêmes, quelle que fût la structure.

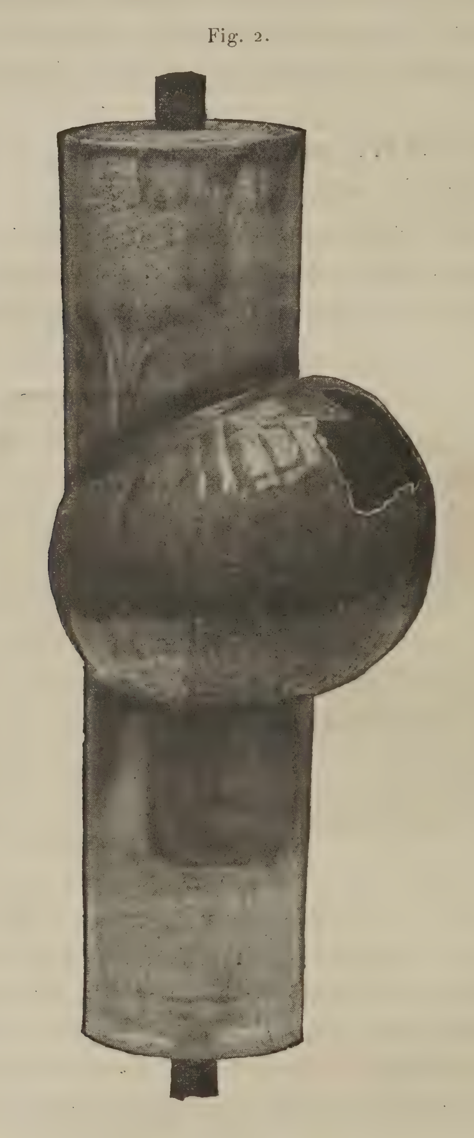
» Les résultats obtenus montrent que, pour le même courant et la même longueur d'arc, la différence de potentiel, aux pointes des électrodes, dépend de l'atmosphère environnante aussi bien que de

la constitution des électrodes. La chute du potentiel d'un charbon à l'autre suit, en général, la loi connue suivant laquelle pour un arc bien fixe et court, la différence de potentiel se manifeste en majeure partie entre le charbon positif et la naissance de l'arc. Je dois cependant présenter ici une expérience qui me donna, à cet égard, des résultats fort surprenants, le phénomène observé dans ce cas paraissant faire exception à la règle générale. Un clou d'acier avait été enfoncé dans un charbon négatif creux formant, pour ainsi dire, la mèche de ce charbon. La pointe du clou dépassait légèrement l'extrémité de l'électrode. Le charbon positif était plein. Quand le courant est mis sur l'appareil, des étincelles brillantes se produisent, dues à l'acier porté au blanc. Puis, s'élèvent d'épaisses vapeurs qui viennent recouvrir les parois intérieures du globe d'un dépôt rouge foncé d'oxyde de fer. Une bille d'acier se forme bientôt dans la concavité que présente le charbon négatif. La longueur de l'arc se tient entre 3^{mm} et 4^{mm}, le courant variant de 8 à 9 ampères, et la différence de potentiel étant 20 à 30 volts. Le négatif était porté à une température extrêmement élevée, tandis que le positif était relativement froid. La surface du cratère était d'environ $1^{mm},9$ dans le charbon positif, c'est-à-dire environ le huitième de la surface normale du cratère dans les autres expériences. L'arc, large à la base, au contact du négatif, se terminait, sur l'électrode positive, par une pointe. Cette pointe se promenait sur toute la surface du charbon supérieur, sautant parfois, d'un point à un autre, de 4^{mm} à 5^{mm}. Quant au charbon négatif, il restait constamment brillant. L'arc jaillissait sans cesse de la surface de la bille d'acier qui, souvent, paraissait animée d'un rapide mouvement de rotation en unisson avec les mouvements de l'arc. Les particularités de cette expérience sembleraient indiquer un renversement accidentel dans le sens du courant, mais je m'assurai qu'aucun changement de cette nature ne s'était produit.

» Avant d'entrer plus avant dans la description des derniers perfectionnements de mes appareils, examinons un instant les principes qui ont servi de base à leur bon fonctionnement. Essayons d'abord de maintenir un arc complètement à l'abri de l'air dans un vase complètement étanche. La *fig.* 2 montre un appareil de ce genre et les résultats qui suivirent le passage du courant. Le vase, d'abord cylin-

drique, porte maintenant une large soufflure sur le côté. Vous remarquerez également que l'intérieur du vase est couvert d'un épais dépôt de charbon. Les électrodes étaient d'abord en contact et sous l'in-

Fig. 2.

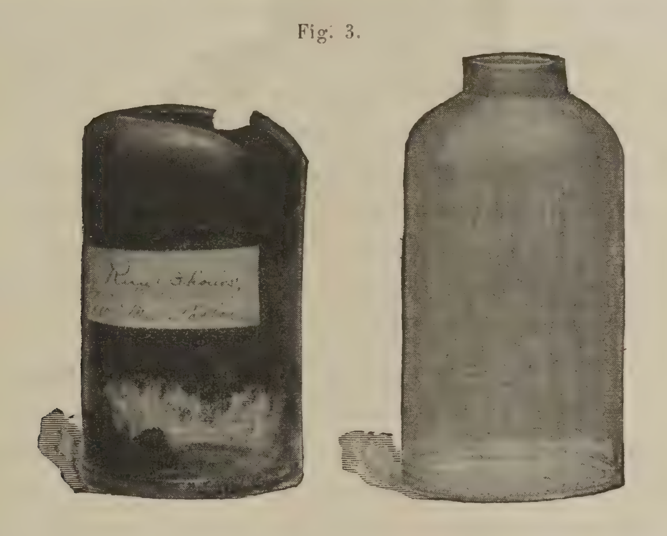


fluence du passage du courant; les charbons se consumant, l'arc passa d'une longueur nulle à une longueur de 9^{mm}. Le verre commença à noircir aussitôt que l'air contenu dans le vase eut été transformé en gaz carbonés. Ce résultat est tout naturel, car sous l'action du courant le charbon positif est attaqué, une partie de ses molé-

cules se trouvent transportées sur le charbon négatif électrolytiquement, l'autre partie, n'ayant pas d'oxygène pour se combiner et se transformer en gaz carbonés, se dépose sur les parois du globe clos. De plus, comme on le voit par cet exemple, si les gaz chauffés ne peuvent trouver d'issue pour se détendre, ils peuvent atteindre une compression qui suffit à rompre les parois de l'appareil qui les enferme.

» L'allumage d'un arc, en vase hermétique, produit donc inévitablement un dépôt de charbon sur le vase. Mais ce dépôt peut aussi se produire dans d'autres circonstances quand le vase n'est pas hermétique et se trouve presque entièrement ouvert à l'air libre. Ce second cas est mis en évidence au moyen d'un cylindre (voir *fig.* 3)

Fig. 3.



dans lequel l'espace resté libre autour du charbon supérieur laissait libre accès à l'oxygène de l'air. Le dépôt de charbon était dû à un courant intense et un arc très court. On voit sur la figure un cylindre en verre clair à côté de celui qui a servi. On remarquera que le dépôt est uniforme et noir foncé. Le courant était de 18 ampères, le voltage de 30 volts. Les électrodes étaient formées de carbone presque pur.

» En général, on pourra dire que le dépôt de charbon accompagne toujours la formation d'un arc à bas voltage dans une enceinte où l'on n'a qu'un accès limité.

» Dans ce cas, le carbone enlevé électrolytiquement par le cou-

rant à l'électrode positive se distribue invariablement de la manière suivante :

» Tout d'abord, une partie de ce carbone est déposée par une action électrolytique sur le négatif, une partie se combine avec l'oxygène de l'air pour former des gaz carbonés, enfin une troisième partie de ce carbone va se déposer sur les parois du vase fermé, sous forme d'une poussière noire. En ce qui concerne cette poussière de charbon qui échappe au courant de l'arc, on croirait que la faible distance qui sépare les pointes des charbons ne permet pas à l'air comburant un accès suffisant pour convertir complètement en gaz carboné les molécules de carbone échappées au dépôt électrolytique sur l'électrode négative. En d'autres termes, la rapidité avec laquelle l'électrode positive se désagrège est trop grande pour qu'on puisse, dans ces conditions, éviter le dépôt de charbon. Aussitôt que les molécules échappent au courant électrique de l'arc, leur température tombe. Quand l'arc est très court et le voltage peu élevé, on peut imaginer comment les particules de carbone échappent au courant de l'arc, et, se refroidissant alors, atteignent une température inférieure à celle à laquelle elles pourraient s'unir à l'oxygène. Ces particules naturellement viennent se déposer sur les parois du globe.

» Nous avons vu, jusqu'à présent, que toutes les tentatives pour introduire dans la pratique industrielle l'emploi de l'arc en vase clos avaient été infructueuses. En ce qui touche la durée des électrodes, bien des inventeurs avaient réalisé des résultats très satisfaisants. Le rendement lumineux de l'arc enfermé n'avait pas non plus, dans bien des types anciens de lampes, été inférieur. La difficulté gisait autre part. Il fallait trouver une méthode nouvelle de fonctionnement du régulateur en vase clos. Il fallait, tout en assurant une longue durée des électrodes et un bon rendement lumineux de l'arc, produire une lumière bien fixe, uniformément répartie, et s'affranchir complètement du *dépôt de charbon*. Ces conditions sont remplies dans le régulateur que j'ai l'honneur de vous présenter ce soir et qui est connu sous le nom de *régulateur à arc enfermé* à haut potentiel.

» La première étude qui fut publiée sur l'arc à haut potentiel le fut par moi devant la *National Electric Light Association of America*,

en février 1894. Cette lampe reçut son nom en raison du voltage élevé de l'arc. Ce terme *haut voltage* est naturellement relatif et a été choisi dans le cas présent pour bien établir la différence qui existe entre l'arc que j'emploie et l'arc normal de 40 à 45 volts. En faisant des recherches sur cette matière, je découvris que l'on pouvait maintenir fixe un arc sous un voltage double de celui généralement adopté et même je constatai que, dans certaines conditions, le voltage pouvait être triplé et quadruplé. Des arcs d'un voltage aussi élevé naturellement sont longs et exigent un appareil spécial pour leur régulation. Je constatai que, dans des conditions favorables, ces arcs de grande longueur pouvaient être maintenus bien fixes, même lorsque le courant était faible, permettant ainsi d'obtenir à la fois une longue durée des électrodes et un rendement lumineux élevé. L'expérience a prouvé que cette méthode d'emploi des arcs en vase clos était la seule qui pût véritablement s'appliquer en pratique industrielle.

» Avant d'entrer dans la description du mécanisme de la lampe, examinons pendant quelques instants la théorie de l'arc à haut potentiel.

» Brièvement, j'ai considéré le cas d'une lampe à arc enfermé à bas voltage. J'ai proposé une explication des causes qui amenaient un dépôt de charbon lorsqu'on enferme un arc au voltage normal. Dans le cas d'un arc maintenu enfermé à 80 ou 85 volts et à 4 ou 5 ampères, le dépôt de charbon ne se produit pas. Le dépôt électrolytique sur le charbon négatif est également supprimé. Tandis que, tout à l'heure, les molécules de carbone avaient une triple destination, et qu'une faible partie seulement de ces molécules passait à l'état de gaz carbonés, dans le cas présent *tout* le carbone enlevé par le courant au charbon positif se transforme en gaz et passe dans l'atmosphère. Ce long arc, de différence de potentiel anormal, permet à l'air d'attaquer les molécules de charbon portées à l'incandescence avant que leur température ait été abaissée au-dessous de la limite à laquelle l'oxygène ne les attaque plus. Il paraît logique d'admettre que, lorsqu'on limite l'arrivée d'air, la transformation du carbone entraîné par le courant en gaz carbonés dépendra en partie de la distance que les molécules de carbone doivent parcourir pour passer d'un pôle à l'autre. Si cette distance est

courte, comme dans le cas d'un arc à faible différence de potentiel, le dépôt de charbon sur le globe sera inévitable; si au contraire le trajet que les molécules ont à parcourir est long, la transformation du carbone en gaz se fait totalement. Bien entendu que, dans l'un et l'autre cas, nous donnons à l'air un accès suffisant pour transformer en gaz le carbone électrolysé; mais, tandis que dans un cas la combustion de ce carbone est seulement partielle, elle est totale dans l'autre.

» Un coup d'œil jeté sur la *fig.* 4, qui donne une élévation de la

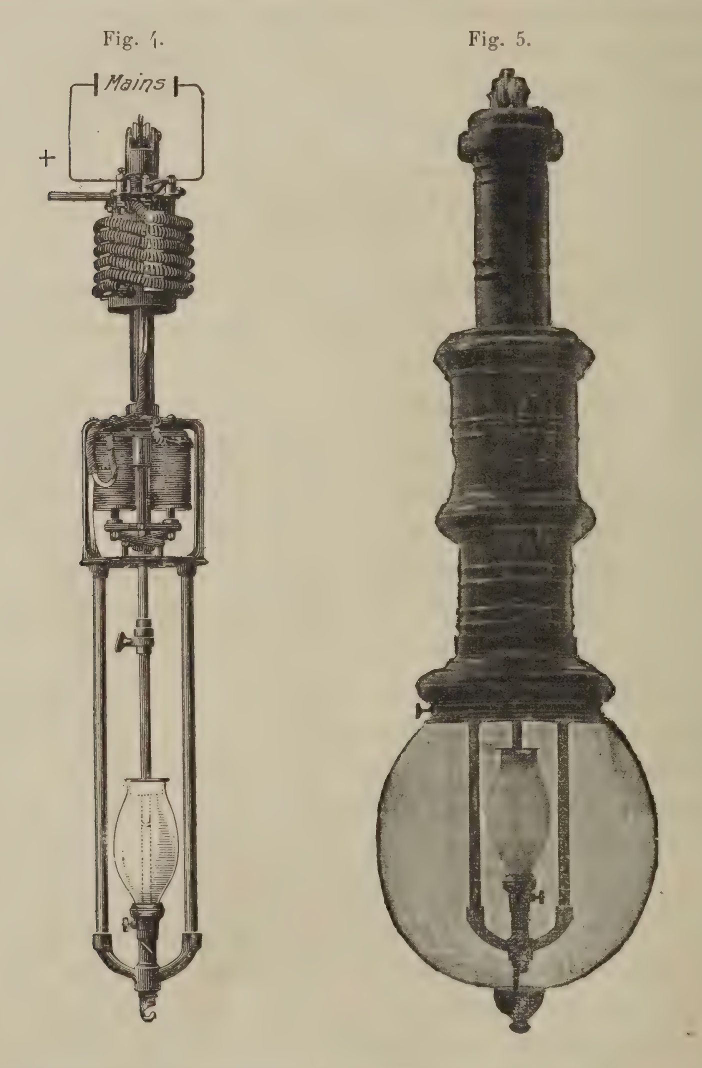


Fig. 4. Fig. 5.

lampe, nous montre que tout le mécanisme régulateur consiste en

deux solénoïdes munis de noyaux en fer doux portant une armature, un frein, desserré au repos, entre les sabots duquel vient passer la tige du porte-charbon supérieur. Le mécanisme est disposé pour former un arc à l'allumage de 10^{mm} et plus. Le bobinage du solénoïde et sa construction assurent une consommation très faible et très constante de courant. Le vase clos renfermant l'arc est monté sur le porte-charbon inférieur et se trouve fermé à la partie supérieure par un appareil spécial appelé le *régulateur d'admission d'air* (*gas check plug*). Le charbon inférieur a 120^{mm} de longueur et le charbon supérieur 305^{mm}. Le diamètre commun est $11^{mm},11$.

» La *fig.* 5 donne une vue de la lampe prête à fonctionner. La *fig.* 6 montre les détails du vase clos et de ses accessoires.

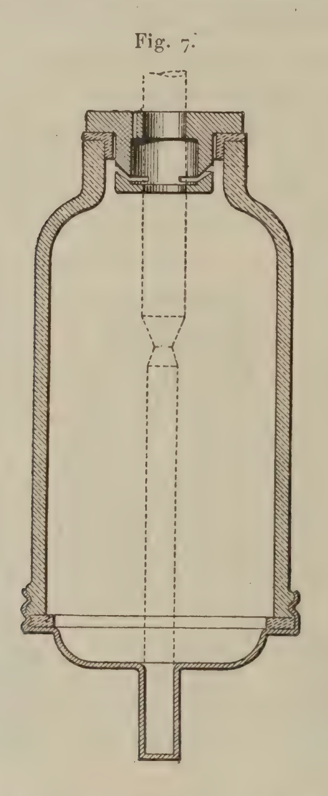
Fig. 6.



» Le *régulateur d'admission d'air* qui sert à fermer le globe contenant l'arc est un appareil si original que j'ai pensé utile d'en donner une représentation spéciale dans la *fig.* 7. Cette figure montre la coupe du régulateur monté sur un cylindre en verre. Si nous fermons l'orifice du cylindre par un disque de métal percé d'un trou assez large pour permettre les légères variations dans le diamètre des charbons du commerce, nous constatons bientôt qu'il est difficile d'éviter de grandes irrégularités dans l'arrivée d'air sur les charbons. Le régulateur d'air est disposé pour faire entrer en conflit les courants de gaz sortant de l'appareil ou y pénétrant. Les essais comparatifs faits avec ou sans l'appareil seront donnés plus loin.

» On remarquera que, dans le but de retarder l'entrée et la sortie des gaz, le disque de fermeture de l'orifice est muni d'un tube métallique d'environ 15^{mm} de longueur. Ce tube porte, à sa partie inférieure, des fentes qui permettent aux gaz de passer de l'intérieur à l'extérieur du cylindre. Le jeu laissé autour du charbon a été agrandi dans la partie médiane du tube et forme ainsi une chambre pour le

Fig. 7.



gaz, comme on le voit sur la figure. Quand la lampe est en fonctionnement depuis quelque temps, les gaz échauffés par l'arc, au lieu d'avoir une sortie libre, se rencontrent dans le régulateur avec un courant de gaz de direction opposée ; des remous se produisent et tendent à atténuer la circulation des gaz entrant ou sortant. Voici un appareil qui nous permettra de mettre en évidence le principe du régulateur d'admission d'air. Aux lieu et place du charbon négatif, j'emploie ici une bougie de stéarine, et je fais usage, pour remplacer le charbon positif, d'une barre de métal qui, en sectionnant l'intérieur du tube en deux compartiments, facilite la circulation des gaz. La partie inférieure de ce tube qui amène l'air porte

des fentes analogues à celles pratiquées dans le régulateur d'admission d'air; mais ces fentes peuvent être, à volonté, établies ou supprimées. Ces conditions sont identiques à celles où se trouve l'arc électrique dans le fonctionnement de la lampe. Ayant allumé la bougie, si j'enlève la barre de métal qui forme diaphragme dans le tube, la circulation du gaz s'arrête et la lumière s'éteint. Si, ayant allumé de nouveau la bougie, je place cette fois sur l'ouverture du globe le tube muni de la barre métallique qui figure le charbon supérieur de la lampe, la circulation du gaz s'établit, la flamme continue à brûler normalement, l'air trouvant un libre accès dans l'intérieur, et les gaz brûlés trouvant une libre sortie. J'ai tenu jusqu'ici fermées les fentes latérales de mon tube d'arrivée d'air. Je les découvre maintenant. Vous remarquerez, Messieurs, que la circulation des gaz est immédiatement atténuée et que la flamme baisse graduellement jusqu'à ce qu'elle s'éteigne.

» Les gaz chauds sont donc divisés dans leur marche, et, au lieu de passer librement hors du globe, ils tendent à y séjourner et à le remplir d'une atmosphère non comburante, mettant ainsi en évidence l'action du régulateur d'admission d'air dans la lampe à air.

» D'abord des essais comparatifs de durée des électrodes furent faits avec et sans le régulateur d'admission d'air.

Essais comparatifs sur l'emploi du régulateur d'admission d'air.

(Diamètre des charbons, $11^{mm},11$.)

Courant moyen (ampères).	Voltage moyen de l'arc (volts).	Watts.	Usure du charbon + à l'heure (millimètres).	Usure du charbon — à l'heure (millimètres).	Usure totale des charbons à l'heure (millimètres).	Remarques.
7,98	63,86	509,65	2,118	0,538	2,656	Sans régulateur
7,99	63,4	506,56	1,483	— 0,152	1,331	Avec régulateur
8,03	61,77	496,12	2,751	0,424	3,175	Sans régulateur
8,06	63,5	511,81	1,161	— 0,076	1,085	Avec régulateur

» L'emploi du régulateur permet de prolonger la vie des charbons bien au delà des limites qu'on obtient sans faire usage de ce dispositif. Le Tableau ci-dessus donne les résultats d'essais qui furent faits, toutes choses égales d'ailleurs, avec le régulateur et sans le régulateur. On remarquera que, dans l'un de ces essais, la

consommation totale des charbons a été environ la moitié et, dans un autre, seulement le tiers de la consommation obtenue quand on supprimait l'emploi du régulateur. La prolongation de la durée du charbon négatif est remarquable, puisque, dans le cas de l'emploi du régulateur, ce charbon négatif augmente de longueur.

» En deuxième lieu, des essais furent tentés avec des charbons de $11^{mm},11$ de diamètre pour 5 ampères. Une paire de charbons qui brûlent, dans les lampes ordinaires, de six à huit heures, dure de cent à cent cinquante heures en pratique courante avec la lampe à arc en vase clos que je vous ai décrite. Les chiffres relevés dans un essai sur des charbons de $11^{mm},11$ de diamètre sont donnés dans le Tableau qui suit et sont relatifs à une lampe en service courant brûlant environ quatre heures par jour. La durée des charbons a été de cent vingt et une heures. Sur le même Tableau se trouvent consignés les résultats obtenus avec des charbons de $12^{mm},7$ de diamètre et un courant de 4 ampères. En augmentant le diamètre des charbons, on en augmente la durée; mais cette prolongation de la vie des électrodes ne va pas sans entraîner des inconvénients de différentes natures dont je parlerai plus loin en étudiant le rendement lumineux de l'arc enfermé.

Essais de durée des charbons.

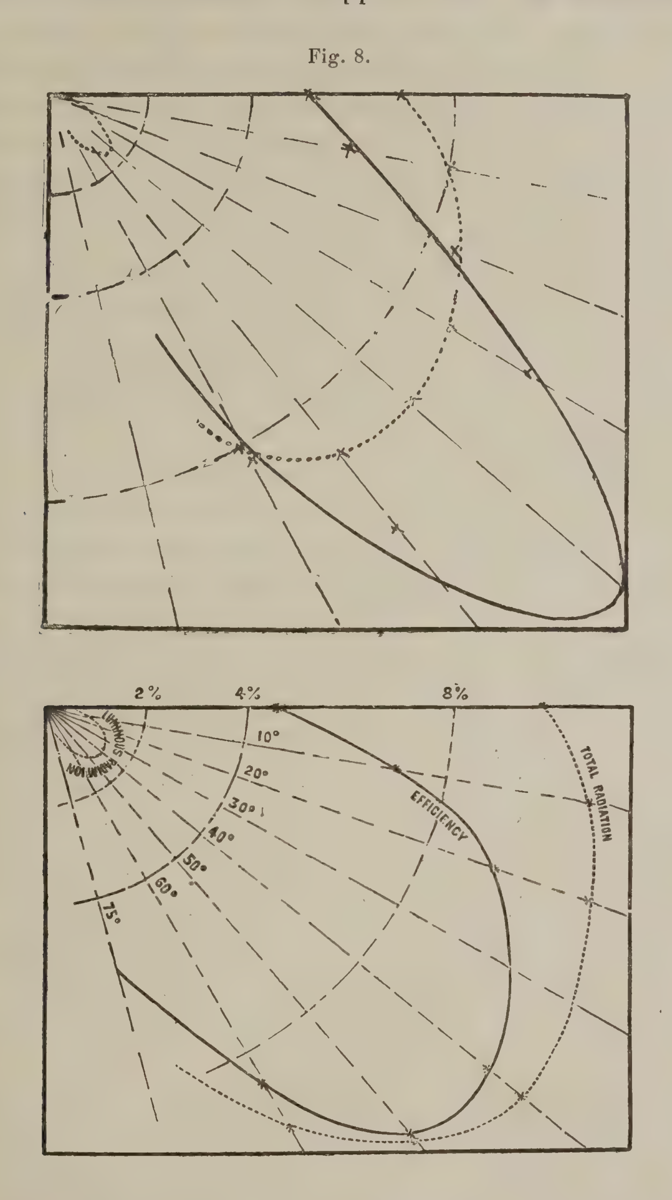
	Charbons de $11^{mm},11$ de diamètre. Courant, 5 ampères.	Charbons de $12^{mm},17$ de diamètre. Courant, 4 ampères.
Longueur primitive du charbon + ...	$306^{mm},3$	$304^{mm},8$
Longueur primitive du charbon —	$121^{mm},1$	$128^{mm},5$
Longueur finale du charbon + ...	$109^{mm},5$	$114^{mm},3$
Longueur finale du charbon —	$82^{mm},5$	$-\ 77^{mm},787$ (¹)
Durée de fonctionnement	121 heures	199 heures
Usure du + par heure	$1^{mm},652$	$0^{mm},957$
Usure du — par heure	$0^{mm},319$	$0^{mm},255$
Courant moyen	$4^{amp},95$	$4^{amp},15$

(¹) Augmentation de longueur.

» J'ai antérieurement publié des courbes montrant le rendement lumineux de l'arc enfermé. Je reproduis ici l'une de ces courbes que

vous pourrez comparer à la courbe de rendement d'un arc libre. Sur la figure, les courbes pointillées indiquent les radiations totales et les radiations lumineuses. Le rapport entre les radiations lumi-

Fig. 8.



neuses et les radiations totales émises dans une même direction représente le rendement lumineux de l'arc. Dans le cas de l'arc enfermé, les mesures ont été prises à travers un globe en verre clair; dans le cas de l'arc libre les lectures ont été prises sur l'arc

nu, sans globe. Le rendement hémisphérique moyen de l'arc enfermé a été trouvé de 8,4 pour 100; celui de l'arc libre de même intensité de courant a été 11,7 pour 100. On remarquera combien les deux courbes obtenues sont différentes l'une de l'autre comme forme (*fig.* 8). La distribution de la lumière, dans l'arc enfermé, est évidemment bien mieux répartie que dans l'arc libre. Avec l'arc enfermé, en passant de 20° à 60°, le rendement lumineux reste le même sensiblement; dans le cas de l'arc libre, le rendement subit entre les mêmes limites une variation considérable, et la courbe s'allonge beaucoup aux environs de la direction 40°.

» Le chiffre que j'ai donné pour le rendement lumineux de l'arc libre est bien plus élevé que celui de la plupart des arcs en service aux États-Unis. Il résulte des essais que j'ai faits, qu'en pratique industrielle le rendement lumineux moyen des arcs libres tombe considérablement en dessous de 10 pour 100, sans tenir compte de la perte due à l'interposition d'un globe clair ou dépoli. Si nous prenons le cas d'une lampe d'intérieur ordinaire, munie d'un globe opalin, et si nous comparons cette lampe à un régulateur à arc en vase clos, d'usage courant, les rendements lumineux que j'ai donnés plus haut ne représentent plus les puissances lumineuses respectives des deux sources. Avec un arc libre pour usage d'intérieur on est amené à adoucir la lumière, c'est-à-dire à élargir la surface de la source lumineuse. Avec un globe opalin ordinaire on perd pratiquement de 40 à 60 pour 100 et plus de la lumière, si l'on veut obtenir une répartition uniforme de la lumière. Avec un arc enfermé, au contraire, lorsqu'on emploie un globe légèrement dépoli, on obtient une répartition de la lumière convenable, avec une perte qui n'atteint que la moitié de ce qu'elle est dans le cas de l'arc libre, et surtout quand le vase clos est lui-même légèrement opalin.

» La conservation de la chaleur dans le globe fermé permet d'utiliser des charbons qui, à diamètre égal, auront un meilleur rendement dans la lampe en vase clos que dans la lampe à l'air libre. Ainsi un charbon de 11^{mm}, avec un courant de 4 à 5 ampères, réalise les mêmes conditions de rendement qu'un charbon de 8^{mm} avec le même courant à l'air libre.

» Ceci permet donc de faire usage de gros diamètres avec meil-

leur rendement pour l'arc enfermé que pour l'arc libre. Cependant, plusieurs raisons viennent s'opposer à l'emploi pratique de trop gros diamètres avec de faibles courants.

» La première raison est que la conductibilité des charbons de gros diamètres étant plus grande, la température de l'arc est diminuée et conséquemment aussi le rendement lumineux qui est une fonction de la température.

» En second lieu, il faut remarquer que la quantité de lumière interceptée par les charbons eux-mêmes quand leur diamètre augmente devient considérable, et cette suppression de lumière est surtout préjudiciable lorsqu'on emploie une électrode négative de grand diamètre.

» Enfin, on sait qu'un dépôt quelconque se formant à l'intérieur d'un globe absorbe d'autant plus de lumière qu'il est plus épais. Or les charbons contiennent une petite quantité d'impuretés consistant principalement en silice. Cette silice, dans le cas d'un arc libre, passe dans l'atmosphère. Dans le cas de l'arc enfermé, les impuretés se déposent sous forme d'une légère couche sur le globe. Bien que le dépôt soit en somme extrêmement faible quand les charbons brûlent un court espace de temps, l'absorption de lumière devient sensible quand le dépôt s'épaissit. La pratique a démontré qu'après cent heures de fonctionnement la diminution de lumière était encore insensible. Après cent cinquante heures cependant l'absorption de lumière devient sensible et il est nécessaire de nettoyer le globe. Les charbons de 12^{mm} de diamètre avaient une durée de deux cents heures dans l'essai que je vous ai cité. Comme conséquence de cette durée, le rendement lumineux de l'appareil s'abaisse d'une manière trop considérable. C'est pourquoi l'usage de charbons de grand diamètre ne peut être accepté qu'au détriment du rendement lumineux.

» Les courbes d'intensités lumineuses que j'ai relevées accusent la même forme générale que les courbes de rendement. La puissance lumineuse moyenne hémisphérique d'un arc clos fut trouvée de 431 bougies, à raison de 1,17 watt par bougie. Les valeurs correspondantes d'un arc libre, relevées par les mêmes méthodes, furent 425 bougies et 0,953 watt. Dans le cas de l'arc clos, l'intensité maxima était 595, tandis que ce maximum était 1080 pour l'arc libre.

Les chiffres relevés pour l'air libre ont été pris avec une sorte de charbons très répandue en Amérique.

» On remarquera que le maximum de la puissance lumineuse se trouve être, dans l'air libre, environ le double de celle de l'arc fermé et cependant la puissance lumineuse hémisphérique est sensiblement plus élevée dans l'arc clos. En général, on trouvera toujours dans l'arc libre cette grande différence entre l'intensité lumineuse maxima et l'intensité moyenne sphérique. Elle est due au cratère profond qui se forme dans le charbon positif. Dans le cas d'un arc enfermé, surtout si le globe clos est légèrement translucide, cette même différence est très faible.

» J'ai déjà insisté sur la nécessité de renfermer les arcs libres dans des globes plus ou moins opalins, de manière à adoucir et à distribuer la lumière. Pour l'éclairage des intérieurs notamment, cet adoucissement de la lumière est indispensable. On comprendra maintenant que les comparaisons établies entre les intensités maxima de l'arc libre et de l'arc fermé ne puissent avoir aucune valeur au point de vue pratique.

» Je dois dire, à ce sujet, que les autorités municipales, il y a quelques années encore, imposaient aux foyers d'éclairage des puissances lumineuses définies par l'intensité maxima, 1200 et 2000 bougies, suivant les cas. L'apparition de l'arc enfermé a mis fin à cette pratique. La tendance actuelle est de mesurer la puissance d'une lampe dans ses conditions normales de fonctionnement, en prenant comme mesure de la quantité de lumière émise l'éclairement des espaces placés dans le champ de la lampe.

» En réalité, il est bien difficile, sinon impossible, d'obtenir une valeur exacte de l'éclairement utile d'une lampe à arc (et surtout de la lampe en vase clos), en fonction de sa puissance lumineuse. Quand on interprète les résultats des essais photométriques d'intensité, il faut surtout tenir compte du point suivant : la qualité de la lumière émise par l'arc clos diffère de celle émise par l'arc libre, et, de ce fait, les intensités lumineuses ne représenteront pas les valeurs relatives des deux foyers. J'ai montré tout à l'heure qu'un arc enfermé, bien que de moindre intensité lumineuse qu'un arc libre, avait donné un éclairement utile plus considérable : c'est là la raison qui le fait préférer du consommateur. Le nombre des

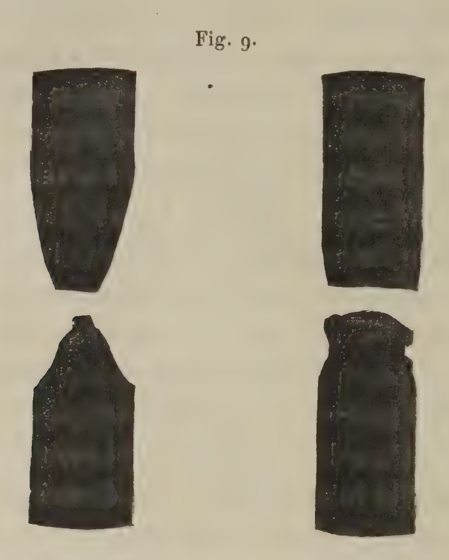
lampes à arc libre remplacé par l'arc clos dans la seule ville de New-York est la meilleure preuve de ce que j'avance.

» Un autre avantage de la lampe à arc « *le Pionnier* » est d'éviter l'absorption d'un courant trop considérable à l'allumage. Ce courant d'allumage est généralement très important sur les lampes à arc couplées par deux en séries sur 110 volts. De plus, aussitôt que le mécanisme opère le réglage et rapproche les charbons, le courant que ces lampes consomment s'élève en général d'une manière considérable. Ceci est principalement exact pour les régulateurs dont le mécanisme est rempli de poussières, comme cela arrive en pratique. Dans la lampe à arc que je vous présente ce soir le courant d'allumage n'excède pas sensiblement le courant normal. La raison de ce fait s'explique si l'on considère que la plupart des lampes fonctionnent sur le principe du pignon et de la crémaillère. Dans ce système, le mouvement est donné aux charbons par un train d'engrenage et de roues à échappement ou de freins à ruban. Dans la lampe que vous voyez, le mouvement est appliqué directement sur les charbons. Le réglage des lampes à mouvement d'horlogerie est périodique, tandis qu'il est continu dans la lampe à arc clos.

» Je voudrais vous entretenir maintenant de la formation des pointes des électrodes et de l'accroissement du charbon négatif. Chacun sait fort bien comment se forme la pointe des charbons dans un arc libre. Quand un arc se trouve enfermé dans un vase de dimensions faibles, d'où l'air a été exclu ou bien dans lequel il ne trouve qu'un accès fort limité, les pointes des charbons prennent une tout autre forme, quoique le courant et le voltage de l'arc soient les mêmes dans les deux cas. La *fig.* 9 montre deux paires de charbons qui ont été brûlés dans des conditions identiques, mais l'un en vase clos, l'autre à l'air libre. Le courant était de 6 ampères dans chaque cas; la différence de potentiel entre les pointes, 45 volts. Vous noterez que, dans le cas de l'arc à l'air libre, le négatif est taillé en pointe et le positif porte un cratère bien net. Au contraire, dans le cas de l'arc enfermé, vous remarquerez que le positif porte une extrémité mousse et pour ainsi dire plane. Le négatif, au lieu d'être affilé, porte un *champignon* de formation élec-

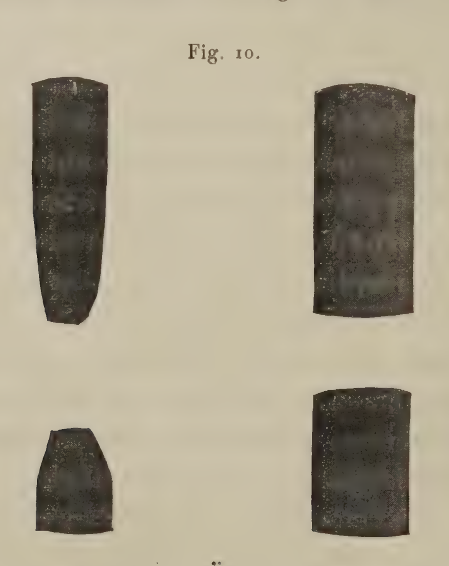
trolytique. L'arc enfermé au voltage cité plus haut avait $1^{mm},7$ de longueur, et l'arc libre environ $3^{mm},5$.

Fig. 9.



» Quand le voltage de l'arc est augmenté les pointes des charbons prennent une forme différente. La *fig.* 10 montre deux paires de

Fig. 10.



charbons : même qualité, même diamètre et même courant que dans le cas précédent, mais le voltage de l'arc a été porté de 45 volts à 85. Vous noterez que la formation des pointes dans l'air libre, pour

un voltage de 85 volts, est totalement différente de la formation à bas voltage. Le charbon positif est rongé sur une grande partie de sa longueur et ne porte aucune trace de cratère. Le négatif, au lieu d'être en pointe, est légèrement arrondi à son extrémité. L'arc avait 15^{mm} de longueur et flambait continuellement. La formation des pointes dans l'arc enfermé, toutes conditions égales, est absolument différente de celle obtenue dans l'arc libre. Les extrémités sont mousses et pour ainsi presque planes. Les deux pointes, positive et négative, ont presque la même forme. L'arc avait dans l'expérience 9^{mm}. Le champignon formé sur le négatif se compose de charbon déposé par le courant par action électrolytique. Bien entendu, ce dépôt de carbone n'est en aucune façon dû à la gravité; car, si l'on renverse le courant, le dépôt se forme sur le charbon supérieur. Quand les charbons sont usés en vase clos au même voltage qu'en arc libre, le champignon se forme toujours quand l'accès de l'air est limité. Quand le voltage est élevé suffisamment le champignon ne se produit plus. C'est qu'en ce cas les particules de carbone, enlevées au pôle positif, se combinent pendant leur trajet avec l'oxygène de l'air et se transforment en gaz carbonique et oxyde de carbone. Le voltage auquel le dépôt de charbon disparaît dépend de l'intensité du courant, de la quantité d'air environnante et d'autres circonstances concomitantes. Le voltage normal de l'arc, dans la lampe à haut potentiel, varie de 80 à 85 volts; même lorsque ce voltage tombe un peu en dessous de 70 volts, le champignon ne se forme pas avec les faibles courants. Mais si le voltage baisse très notablement en dessous de 70, le champignon apparaît.

» L'utilisation de ce champignon électrolytique, pour la conservation de l'électrode négative, a été tentée comme je l'ai dit plus haut. On a essayé, dans ce but, une électrode métallique (voir *fig.* 11 et 12). Dans tous les essais on opérait naturellement à bas voltage afin de conserver intact le dépôt électrolytique. L'arc est alors très court et devient instable. La difficulté de réglage des lampes devient alors considérable. De plus, le dépôt de charbon sur le globe fait son apparition, parce qu'on entretient un arc de bas voltage dans une enceinte fermée. L'accroissement du négatif est surtout très sensible quand on augmente l'intensité du courant. J'ai vu un exemple où le négatif fut allongé de près de deux pouces

(51^{mm}) au cours d'une opération de onze heures. Le courant moyen était $10^{amp},5$ et la tension moyenne 50 volts aux bornes de l'arc.

Fig. 11.



» J'ai déjà indiqué comment les pointes de charbon coupent le faisceau de lumière dans le cas des arcs courts. Si l'on emploie des charbons positifs à mèche, comme c'est le cas général dans les lampes à arc mises en circuit sur les secteurs alimentant des lampes incandescentes, le cratère qui se forme dans le charbon supérieur prend une forme concave bien nette. Les parois de ce cratère interceptent ainsi une grande quantité de lumière suivant le plan horizontal. L'interposition du charbon négatif vient encore diminuer la zone angulaire d'éclairement maximum. Les ombres ainsi portées par les charbons positif et négatif se distinguent très nettement sur le globe de la lampe. Avec la lampe à arc en vase clos les charbons sont écartés par une distance d'environ cinq à six fois plus grande que dans l'arc libre. Le cratère présente une concavité insensible et la lumière ne se trouve plus interceptée par les parois de ce cratère ni par la trop grande proximité du négatif.

» Dans le cas d'un arc libre, avec un charbon positif à mèche, le cratère tend à centrer l'arc. Dans le cas de l'arc enfermé le cratère est fugitif. Au lieu de partir toujours d'un même point fixe le courant prend naissance en des points différents du charbon négatif. Le cratère, de son côté, suit, sur le charbon positif, les déplacements qui se produisent sur le négatif, de manière que l'arc conserve

presque parfaitement une direction verticale. La surface de ce cratère croît avec l'intensité du courant; d'où plus la densité du courant est grande et moins sensibles sont les migrations de l'arc. Quand on emploie, dans la lampe à haut potentiel, des charbons de 11^{mm} les déplacements de l'arc ne sont pas un ennui et particulièrement si l'on emploie pour le vase clos un globe dépoli. Vous voudrez bien

Fig. 12.



noter que la lampe qui brûle en ce moment sous vos yeux est très fixe, et la diffusion de la lumière est si parfaite que l'œil ne saurait découvrir aucune fluctuation de l'arc.

» On remarquera donc, comme conclusion, qu'au point de vue des applications pratiques les efforts ont été dirigés pour obtenir une lampe parfaite, fonctionnant sur courants continus. Le placement des lampes à arc enfermé sur les circuits à potentiel constant a été considérable aux États-Unis pour l'année qui vient de s'écouler; la lampe à arc à l'air libre se trouvant ainsi peu à peu reléguée

dans le passé. Le champ des applications de l'arc enfermé, suivant les prévisions des techniciens, s'élargira beaucoup encore dans un avenir très prochain. Déjà l'application de ce système d'arc a été faite aux courants alternatifs, et l'usage de ces arcs dans les circuits de haute tension en série n'est qu'une question de temps.

» Je résumerai donc ainsi les avantages pratiques de la lampe à arc en vase clos :

» 1° Le prix des charbons est réduit au vingtième;

» 2° Le prix de la main-d'œuvre pour le changement des charbons est réduit au dixième;

» 3° La sujétion du changement journalier des charbons est supprimée;

» 4° Suppression des ombres portées par les pointes des charbons; distribution uniforme de la lumière;

» 5° Foyers de faible intensité rendus indépendants;

» 6° Propreté absolue des lampes; la poussière de charbon est complètement brûlée;

» 7° Formation et chute d'étincelles rendues impossibles;

» 8° Courant normal, même à l'allumage;

» 9° Mécanisme de la lampe réduit au maximum de simplicité. »

M. le Président. — « Messieurs, je remercie M. Gosselin de nous avoir si bien exposé les travaux remarquables de M. Marks, que je félicite en votre nom et au nom de tous les électriciens français. Il semble, en effet, que le système imaginé par lui présente de réels avantages sur les systèmes actuels. Nous avons sous les yeux, depuis deux heures, des spécimens du mode d'éclairage préconisé par M. Marks; vous pouvez constater que les lampes qui éclairent notre salle fonctionnent parfaitement : l'invention peut donc être considérée comme absolument pratique et définitive. Ce nouveau progrès nous vient encore d'Amérique, et nous le saluons avec toute l'admiration que mérite l'esprit créateur de nos confrères d'outre-mer. » (*Applaudissements.*)

M. Marks. — « Messieurs, j'apprécie hautement l'honneur que vous me faites ce soir. Je vous remercie vivement de la bienveillante attention que vous m'avez prêtée. Je désire aussi reconnaître l'obligeante courtoisie de ceux qui m'ont assisté pour présenter devant

vous mes travaux. Je remercie en particulier M. Blondel et M. Gosselin.

» Naturellement, il a été impossible de détailler, en une Communication aussi brève, le long cours de mes recherches et de mes expériences ; mais je m'estimerai heureux si j'ai pu jeter sur le sujet quelque lumière, et rendre ainsi la route plus facile à ceux qui voudront poursuivre le but que j'ai moi-même poursuivi. »

« M. Cance. — Après la si intéressante Communication de M. Gosselin au sujet des travaux de M. le Dr Marks je vous demanderai la permission, et cela à un point de vue purement rétrospectif, de vous dire quelques mots au sujet de recherches relatives à l'arc enfermé, remontant à 1879-1880.

» J'eus l'occasion de faire à cette époque, avec un inventeur français, quelques expériences rudimentaires sur la question de l'arc en vase clos.

» L'appareil dont nous nous sommes servis était composé essentiellement d'un ballon de verre, renversé et posé sur un trépied. Dans le col du ballon passaient deux tiges : la première se terminait en forme de potence, et portait à son extrémité le crayon positif; la seconde, mobile et entièrement rectiligne, portait le crayon négatif. Elle pouvait se déplacer verticalement afin d'effectuer l'allumage, puis le réglage de la lampe. Enfin, dans le col du ballon pénétrait aussi un tube métallique muni d'un robinet et sur lequel venait s'adapter un tube de caoutchouc, relié à une poire extensible.

» Les deux tiges et le tube étaient lutés au plâtre dans l'orifice du ballon. Les deux charbons étant reliés à une source capable d'alimenter un arc, on produisait donc cet arc dans un espace absolument clos, mais rempli d'air. Les gaz dégagés se rendaient dans la poire extensible, et l'arc se prolongeait très longtemps dans le nouveau milieu obtenu ; on remarquait un transport continu de charbon sur l'électrode négative et la production de dépôts adhérents à la surface du ballon.

» Je fis quelques expériences à ce sujet et, en particulier, j'essayai de remplacer l'emploi de la poire par une soupape.

» Plus tard, je revins à l'idée de l'utilisation de l'arc enfermé et

pris un brevet en juillet 1882, pour l'emploi d'un petit globe spécial, concentrique à un gros globe de forme ordinaire. Le globe spécial était de dimension très réduite et disposé de façon à ne permettre qu'un renouvellement difficile et très lent de l'air autour du charbon. Ce globe, de forme ovoïde, était percé de deux orifices. L'orifice supérieur laissait au charbon positif le passage strictement indispensable. L'orifice du bas permettait la chute des quelques cendres produites. J'obtins ainsi une combustion plus complète de charbons, tout en ralentissant cette combustion, et j'augmentai beaucoup la durée du crayon. Le petit globe était protégé par un globe extérieur plus gros; l'un des deux était en verre clair, l'autre en verre diffusant. J'abandonnai, par la suite, cette disposition, à cause de la diminution importante du prix des charbons électriques.

» Je me tiens à la disposition de la Société pour renouveler devant elle cette expérience du vase clos, ainsi que celle des globes concentriques. »

M. E. Sartiaux. — « A l'appui de ce que vient de dire notre collègue M. Cance, j'ajouterai que j'ai eu l'occasion de faire moi-même à diverses reprises, depuis cinq à six ans, des essais de lampes dont l'arc fonctionnait en vase clos.

» J'ai vu plusieurs inventeurs et le dernier était M. Cabireau. Nos essais ont été faits non sur des lampes à arc de petite intensité, mais d'intensité variant entre 15 et 30 ampères qui sont des foyers courants dans nos chemins de fer. Le problème est beaucoup plus difficile avec des foyers de grosse intensité qu'avec ceux d'intensité inférieure à 7 ampères.

» Les résultats n'ont pas été assez concluants pour nous décider à adopter ce système, qui a eu l'inconvénient, dans tous les essais, de former rapidement sur les globes un dépôt de silice et de charbon très accentué qui absorbe la lumière et oblige à un nettoyage fréquent de ces globes. Il y a lieu, en outre, de remarquer qu'on perd, avec le système dont on vient de nous parler, l'avantage de mettre les lampes à arc en tension deux à deux sous 110 volts, puisqu'il est nécessaire d'avoir au moins 80 volts à la lampe: d'où dépense supplémentaire d'énergie, de force motrice et d'établissement. »

M. Korda. — « Pour diminuer l'usure des charbons, différentes maisons, et notamment la maison Ganz et Cie, de Budapest, emploient des blocs de magnésie comprimée formant réflecteur. L'action de ces blocs, qui entourent les charbons, doit être analogue à celle des vases clos. Quant à la diminution de l'usure, je l'ai pu constater moi-même, par l'obligeance de M. Cabireau, directeur de la fabrique de charbons de Nanterre, qui s'est fait breveter pour une disposition ressemblant à celle de la maison Ganz. L'usure était la moitié de celle obtenue sans l'usage de la magnésie. »

M. Lamprecht. — « Je désirerais savoir si M. le Dr Marks a exécuté des expériences avec des courants alternatifs, et si son invention peut s'appliquer à des régulateurs dans lesquels le courant varie de 1 à 4 ampères ou de 10 à 20 ampères et au-dessus. »

M. le Président. — « Les lampes qui vous éclairent ne fonctionnent pas sur le même circuit que celles à incandescence; elles sont alimentées par une dynamo à courant continu. »

M. Gosselin. — « Je crois utile d'ajouter ici que le Dr Marks a mis à l'étude un régulateur pour courants alternatifs dont il a obtenu les meilleurs résultats, et qui va être incessamment mis en pratique. Commercialement, en Amérique, la demande se produit surtout pour la lampe normale de 80 à 85 volts, et de 4 à 5 ampères. Mais aucune objection de principe ne peut s'opposer à l'application du système pour la régulation d'arcs de faibles intensités ou de forts débits. »

M. R. Arnoux. — « La partie caractéristique de la lampe de M. Marks réside bien plutôt dans l'emploi d'un *gas check plug* très ingénieux, combiné avec celui d'un arc électrique de 8mm à 10mm de longueur, et applicable sans grande modification à presque tous les régulateurs actuels, que dans le mécanisme de sa lampe, qui est analogue à celui du régulateur de M. Anatole Gérard (1).

» Notre Président, M. Sciama, en faisant l'éloge, d'ailleurs

(1) Hippolyte Fontaine, *Éclairage à l'Électricité,* 3e édition, pages 304 et 305; 1888.

parfaitement mérité à certains points de vue, du régulateur de M. Marks, nous disait qu'il paraissait appelé à remplacer les lampes actuelles. Je ne suis pas entièrement de son avis, et voici pourquoi.

» Il faut bien remarquer que si l'arc électrique en vase clos, ou à peu près, consomme très peu de charbon sous forme de crayons, il en consomme, au contraire, beaucoup plus, c'est-à-dire le double des arcs à l'air libre, sous forme d'énergie électrique, puisque, pour un même courant, il faut porter de 42 à 85 volts la différence de potentiel qu'il est nécessaire de maintenir aux bornes de la lampe.

» Aux États-Unis, où le charbon est à 1 dollar la tonne et l'énergie électrique fournie à très bon marché aux consommateurs particuliers, cela n'a pas grande importance; mais en France, et surtout dans les grandes villes où il est loin d'en être de même, il faut envisager la question d'un peu plus près.

» En plaçant, en effet, l'arc électrique dans un vase clos, on se prive immédiatement de l'accroissement de *température* résultant de la combustion à l'air libre des charbons de la lampe.

» Des expériences que j'ai effectuées, il y a environ 6 ans, m'ont montré qu'en faisant varier de 0^{mm} à 6^{mm} la longueur d'un arc alimenté par un courant continu de 10 ampères, ce qui correspondait à peu près à un *accroissement de* $\frac{1}{4}$ dans la puissance électrique fournie aux bornes de la lampe, on *quintuplait* son rendement lumineux (¹).

» Tous ceux, d'ailleurs, qui ont observé, même très superficiellement, l'arc électrique ont constaté sans peine que, lorsque, suivant

(¹) Voici le Tableau résumant ces expériences. Dans ce Tableau, les rendements lumineux sont exprimés par la valeur du rapport de l'*intensité lumineuse,* mesurée en *bougies décimales* (moyenne sphérique) aux watts consommés.

Écart des charbons en millimètres.	Volts aux bornes.	Watts aux bornes.	Rendement lumineux en bougies décimales par watt.
0,1	37,5	375	0,5
1	39	390	0,6
2	41	410	1
3	43	430	1,4
4	45	450	1,8
5	47	470	2,2
6	49,5	495	2,6

l'expression consacrée, les crayons sont au *collage*, la lumière donnée est très faible et rougeâtre et qu'elle croît très rapidement avec la longueur de l'arc, en acquérant une teinte blanche et légèrement violacée.

» L'expérience et l'observation montrent, en effet, qu'en augmentant convenablement la longueur de l'arc on facilite l'accès de l'oxygène de l'air dans toutes les parties et l'on fait disparaître, en même temps, en les brûlant *complètement*, les molécules de carbone qui, sans cela, tendent toujours à se déposer sous forme de *champignon* sur le crayon négatif et de poussières sur le globe protecteur.

» En somme, ce qui différencie les deux systèmes, c'est que, dans les lampes à arc à l'air libre, ce résultat est obtenu en augmentant de $\frac{1}{10}$ environ la différence de potentiel et par conséquent la puissance électrique existant entre les crayons *au contact*, tandis que dans la lampe de M. Marks il faut *doubler* cette puissance pour arriver au même résultat et se résoudre, en particulier, à ne mettre qu'une lampe en tension, avec un rhéostat, sur une distribution sous 110 volts.

» Dans tous les cas où la main-d'œuvre est coûteuse et l'énergie électrique bon marché, l'emploi des lampes à arc en vase clos est tout indiqué. En particulier, dans l'éclairage public des grands espaces tels que les boulevards, gares, etc., il est à peu près certain que leur usage s'imposera à bref délai.

Mais pour le petit consommateur et le boutiquier de nos grandes villes, l'emploi de deux lampes à arc à l'air libre en tension, sur une distribution à 110 volts, sera toujours préférable, parce que la main-d'œuvre nécessitée par le remplacement des charbons ne chiffre pas et que ces *deux* lampes donneront toujours un *éclairement* meilleur et plus uniforme que celui fourni par une *seule* lampe électrique exigeant la même quantité d'énergie. »

M. Gosselin. — « Il est possible que, dans une installation de quelques lampes seulement, le remplacement quotidien des charbons n'entraîne pas une dépense supplémentaire de main-d'œuvre ; mais on ne peut admettre que la combustion des électrodes en charbon par l'oxygène, dans le cas d'un arc à air libre, produise une augmentation sensible de lumière. Il faut songer que, même avec un arc

libre, la consommation des électrodes est en elle-même fort minime et qu'elle atteint seulement quelques grammes à l'heure. Si l'on calcule le nombre de calories développées, dans l'unité de temps, par la combustion de cette faible quantité de carbone, on verra aisément que la chaleur dégagée en une seconde, par la formation d'acide carbonique, est négligeable, comparée à la chaleur dégagée par le courant électrique. Il en résulte que le nombre de calories développées dans l'arc reste sensiblement le même, qu'il y ait ou non combustion des électrodes. Or, à ce point de vue de la combustion des électrodes, l'augmentation de lumière, si elle existe, ne peut être due qu'à l'augmentation de la chaleur produite dans l'arc par la combustion du carbone. Cette augmentation de chaleur étant négligeable, l'augmentation de lumière l'est aussi.

» Du reste, cette manière de voir est confirmée par les essais photométriques que j'ai rapportés tout à l'heure, en exposant les travaux de M. le Dr Marks. »

M. Arnoux. — « Comme dans la lampe à incandescence, c'est bien plutôt une question de *température* qu'une question de quantité de chaleur.

M. le Président. — « La discussion pourrait s'éterniser sur ce point, car nous manquons de renseignements précis, au point de vue photométrique, et l'on sait, en outre, que les expériences de photométrie doivent être interprétées avec des coefficients très variables. Nous ne pouvons discuter en ce moment sur des bases solides au point de vue du rendement lumineux des lampes, mais la comparaison pourrait facilement se faire entre une lampe à arc renfermé et une lampe à arc ordinaire. Étant donné que les lampes de M. Marks sont à notre disposition il suffirait, au moyen d'expériences photométriques faites, par exemple, au Laboratoire central d'électricité, d'établir cette comparaison. »

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 3 février 1897 (1).

Présidence de M. G. SCIAMA.

La séance est ouverte à $8^h 35^m$ soir.

Le procès-verbal de la Réunion extraordinaire du 20 janvier est lu et adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts (*voir* p. 176) et des demandes d'admission suivantes :

MM.

Launay (F.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 35, rue de Saint-Pétersbourg, à Paris. — Présenté par MM. G. Sciama et Hillairet.

Lauriol (Pierre), Ingénieur des Ponts et Chaussées, 83, boulevard Saint-Michel, à Paris. — Présenté par MM. Locherer et H. Maréchal.

Perrodil (Charles-Antoine-Marie **de**), Ingénieur civil, Conseil en matière de carbure de calcium et Métallurgie au four électrique, 16, rue Condorcet, à Paris. — Présenté par MM. E. Hospitalier et G. Trouvé.

Ces candidats sont élus membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le Président fait part du décès de M. *L. Pérard,* Membre de la Société.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

---

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

LE CHAUFFAGE ET LA CUISINE ÉLECTRIQUES.

M. L. Colin. — « Messieurs, j'emploierai le moment d'attention que vous me faites l'honneur de vouloir bien me prêter à essayer de vous montrer quelques-unes des nombreuses applications qu'on peut faire de la transformation de l'énergie électrique en chaleur.

» Le procédé de transformation n'avait jusqu'alors pas été suffisamment étudié en vue précisément de ces applications particulières qui peuvent être faites dans l'industrie électrique. On s'était borné jusqu'ici à la fabrication de quelques appareils de chauffage et de cuisine.

» L'emploi de ces appareils était restreint en raison de leur peu de durée. Les fabricants n'étaient pas suffisamment certains de leur procédé pour aborder les applications industrielles des plaques chauffeuses ou radiateurs électriques.

» Les nombreux perfectionnements qui sont maintenant apportés à la fabrication par la Société du Familistère de Guise, dans ses usines de Guise, en France, et de Laeken-lez-Bruxelles, en Belgique, et par la Société Crompton et Cie, à Londres, permettent de construire, non seulement des appareils de chauffage et de cuisine d'un fonctionnement parfait, mais des résistances et des rhéostats industriels simples, peu encombrants et peu coûteux.

» Je vais indiquer le principe de la construction, je dirai quelques mots de la fabrication sans entrer dans tous les détails, ce qui ne saurait vous intéresser, et je décrirai les principaux appareils en usage et les applications faites jusqu'ici qui ont donné de très bons résultats.

» Si l'on fait traverser par un courant électrique une résistance quelconque suspendue dans l'air sur des isolateurs (c'est le cas des résistances ordinairement employées), l'énergie se transforme en chaleur, selon la loi de Joule :

$$Q = \frac{RI^2}{9,81 \times 424};$$

mais l'air, comme tous les gaz, étant mauvais conducteur de la cha-

leur, celle-ci ne peut se dégager suffisamment vite, malgré la grande facilité qu'a l'air de circuler autour du fil, ce qui conduit à une élévation de température, quelquefois très grande, dans la résistance métallique. En pratique, cette température atteint 150° et même 200° pour les résistances ou les rhéostats industriels; et pour arriver à ce résultat on est obligé d'employer des fils de gros diamètre, et, par suite, très longs. Quelquefois on enroule les fils en hélice, ce qui est encore plus mauvais au point de vue du dégagement de la chaleur qui est moins bien diffusée par convection de l'air qu'au moyen d'un fil droit tendu.

» Mais, si, au lieu d'enlever la chaleur par convection, nous l'enlevons par conduction au fur et à mesure de sa production, nous pourrons diminuer le diamètre du fil et, par suite, sa longueur sans craindre une trop grande élévation de température, ou, ce qui revient au même, avec un fil de même diamètre et de même longueur que dans le premier cas, nous pourrons convertir en chaleur plus d'énergie électrique.

» Pour résoudre le problème, il suffit donc de mettre le fil résistant en contact avec une surface conductrice de la chaleur dont il sera isolé électriquement.

» Immédiatement, on voit que l'isolant électrique devra être conducteur de la chaleur, ce qui est difficile à réaliser puisque les corps bons conducteurs de la chaleur sont bons conducteurs de l'électricité. On obvie à cet inconvénient en réduisant l'épaisseur de l'isolant et en le rendant aussi conducteur de la chaleur que possible.

» On a essayé, comme isolant, l'amiante, le mica, la silice, la terre réfractaire, la porcelaine, etc.

» Aucun d'eux ne répond aux nécessités ci-dessus. De plus, ils sont poreux et non homogènes, ce qui donne des contacts à la masse et des courts circuits qui mettent les appareils hors d'usage.

» Les substances vitrifiées paraissent seules devoir remplir le but.

» Le problème est donc ramené à la fixation d'une résistance sur une plaque métallique au moyen d'un verre. Ce problème, qui paraît simple au premier abord, offre de nombreuses difficultés en pratique, en raison des exigences suivantes :

» *La surface metallique, très conductrice, doit offrir beaucoup d'adhérence à l'isolant.*

» *L'isolant doit avoir une élasticité aussi grande que possible, de telle façon que les dilatations et les contractions répétées ne puissent y déterminer des ruptures ou des craquelures suffisantes pour mettre le fil à nu ou en contact avec la surface métallique.*

» *Il doit être aussi peu fusible que possible pour ne pas fondre quand, sous l'influence d'un excès de courant accidentel, le fil rougit.*

» *Conducteur, si possible, de la chaleur, il doit être très bon isolant électrique pour être employé sous de forts voltages.*

» *Le fil doit y être parfaitement noyé et approcher de très près la surface métallique, tout en conservant un isolement pratique suffisant.*

» *Aucune bulle d'air ne doit exister qui, en se dilatant, viendrait faire éclater l'isolant.*

» *La dilatation du fil doit être atténuée et en rapport avec celle de l'isolant.*

» Pour répondre à ces exigences, la Société Crompton et la Société du Familistère, qui se sont garanti la propriété de leurs procédés par des brevets et l'exploitation en commun par un arrangement, construisent les appareils que vous avez sous les yeux dans les conditions suivantes :

» La transmission de la chaleur, par conductibilité, au travers d'une paroi métallique, est proportionnelle à la différence des températures sur les deux faces, inversement proportionnelle à l'épaisseur de la paroi et proportionnelle à un coefficient de conduction. Ce coefficient de conduction est la quantité de calories qui traverse pendant une heure une plaque à surfaces planes et parallèles par mètre carré pour une épaisseur de 1^{m} et pour une différence de température de 1° entre les faces. Le métal tout indiqué était le cuivre rouge, dont le coefficient de conduction est 69, tandis que celui du fer n'est que 28; ou en désignant la conductibilité de l'or par 1000, celle du cuivre est 900, celle du fer 375, et celle de la fonte 561. Mais le cuivre a un coefficient de dilatation linéaire relativement élevé : 0,000 0178 (celui de la fonte étant 0,000 010 et celui du fer 0,000 011). Le coefficient de l'isolant étant un peu supérieur à celui du verre ordinaire, qui est de 0,000 009, approche donc plus le coefficient du fer que celui du cuivre; c'est pour cette

raison que le fer a été choisi, et surtout la fonte, qui se prête par le moulage à toutes les formes voulues.

» Le côté extérieur de la plaque est garni de nervures très minces pour augmenter la surface radiante. Les nervures sont évidemment verticales pour faciliter la diffusion par convection; dans les appareils où le chauffage a lieu par contact, elles sont supprimées.

» La résistance électrique de l'isolant est à peu de chose près celle du verre. Comme celle-ci, elle va en diminuant avec l'augmentation de température, mais elle est toujours suffisante pour assurer l'isolement du fil avec les voltages ordinaires. (Les appareils alimentés avec du courant alternatif à 230 volts fonctionnent très bien.) Son point de fusion varie du rouge cerise naissant au rouge cerise, c'est-à-dire de 800° à 900°.

» Sa composition est telle que son élasticité approchant celle de la fonte permet d'éviter les craquelures et les ruptures dues aux dilatations, à la condition de ne pas trop élever la température.

» Il se prête surtout très bien aux mises en marche et aux arrêts répétés. Voici le résultat d'une expérience faite sur notre calorifère, modèle n° 23. Le courant est envoyé par un commutateur tournant donnant 5 minutes de marche et 5 minutes d'arrêt pour que les plaques aient le temps de s'échauffer et de se refroidir.

» L'appareil fonctionne ainsi depuis quatorze mois pendant huit heures par jour; aucune fente, ni aucune craquelure ne s'est produite.

» C'est vous dire que ces résistances ont leur emploi tout indiqué pour la mise en route des moteurs à arrêts répétés, comme ceux de tramways, par exemple.

» Nous verrons dans un instant les applications qui en ont été faites.

» Le fil, qui est courbé en forme sinusoïdale pour atténuer sa dilatation linéaire, est tantôt du maillechort, tantôt du ferro-nickel, du platine ou du fer.

» Pour les petits appareils, le fil employé a une résistance spécifique de 78 microhms centimètres, ce qui nous donne 98 à 99 ohms de résistance par mètre de longueur pour un diamètre de $\frac{1}{10}$ millimètre.

» Mais ce qui surtout est intéressant, c'est qu'on est parvenu à

noyer, dans l'isolant, des fils relativement gros ($\frac{7}{10}$ et $\frac{8}{10}$ de millimètre).

» Dans les premiers appareils livrés au commerce, les fabricants employaient des fils de $\frac{1}{10}$, $\frac{2}{10}$, $\frac{3}{10}$ de millimètre au plus, dans lesquels ils faisaient passer quelquefois jusqu'à 6 ampères. Dans ces conditions, le fil rougit, il se produit un commencement de fusion de l'isolant autour du fil qui touche la fonte, au bout de très peu de temps.

» Dans les appareils que vous voyez ici le diamètre du fil est tel que, s'il n'était isolé que par l'air, l'énergie électrique qu'il est destiné à absorber d'une façon normale l'amènerait au rouge sombre. Il ne pourra donc pas rougir quand il sera fixé sur la plaque, si la surface de rayonnement de la plaque est assez grande. Tout est là, car, si cette surface était trop petite, on se trouverait dans de plus mauvaises conditions qu'avec l'air seul comme isolant.

» L'émission de la chaleur doit donc être telle que la température du fil qui, du fait du passage du courant électrique, serait de 500° par le rayonnement dans l'air (température du rouge naissant), soit maintenue à environ 450°.

» D'un autre côté, pour ne pas trop élever la température de l'isolant et éviter les craquelures, la pratique nous a conduits à ne pas dépasser 300° à 350° dans le fil toutes les fois que le but à remplir par l'appareil le permet.

» L'épaisseur de l'isolant étant très petite entre le fil et la fonte, on peut admettre que, si nous maintenons notre plaque à 250° (température intérieure), le fil ne pourra pas dépasser 300° : c'est le cas des appareils ordinaires, et que pour 350° à l'intérieur de la plaque le fil ne dépassera pas 450° : c'est le cas des grils et des réchauds.

» Calculons donc la surface nécessaire pour transformer en chaleur 1 hectowatt, la température de la plaque métallique étant de 250° et donnant 200° à la surface :

$$1 \text{ hectowatt-heure} = \frac{100 \times 3600}{9,81 \times 424} = 86,55 \text{ calories.}$$

» D'après Dulong, la quantité de chaleur rayonnée par mètre carré de surface métallique non polie, en contact avec l'air, est par heure de

$$R = ma^{\alpha}(a^{t} - 1) + m' t^{1,233}.$$

» Le premier terme représente la chaleur rayonnée par le métal, le deuxième celle écoulée par convection de l'air.

» Dans cette formule,

R = chaleur émise en unités;
m = 124,72 K (d'après Péclet) K étant un nombre constant qui est de 3,36 pour la fonte oxydée;
a = coefficient constant = 1,0077;
t = excès de la température du corps sur celle de l'enceinte;
α = température de l'enceinte;
m' (d'après Péclet) pour les surfaces planes verticales de hauteur h, est

$$0,552\left(1,764+\frac{0,636}{\sqrt{h}}\right):$$

h étant égal à un mètre, on a

$$m' = 0,552\,(1,764 + 0,636) = 1,3248.$$

» Si nous supposons la température de l'enceinte $\alpha = 15^\circ$, et celle de la plaque 250°, on aura

$$t = 250^\circ - 15^\circ = 235^\circ.$$

» Nous aurons alors

$$R = 124,72 \times 3,36\,(1,077)^{15}[(1,0077)^{235} - 1] + 1,3248\,(235)^{1,233},$$
$$R = 2830,95 + 1110,845 = 3491^{\text{cal}},80,$$

émises par mètre carré de plaque et par heure.

» Cherchons maintenant la quantité de chaleur qui s'écoule du côté du verre; car, dans les appareils de chauffage, les dispositions sont prises pour utiliser la chaleur dégagée des deux côtés de la plaque.

» Nous avons :

R' = chaleur émise en unités,
K = 2,91 pour le verre,
t = 235°,
α = 15°.

» En appliquant la même formule, nous avons

$$R' = ma^{\alpha}(a^{t} - 1) + m'\,t^{1,233}.$$

» En effectuant les calculs, nous trouvons :

Calories émises par mètre carré et par heure......... $R' = 3172,95$

» Soit au total

$$3491^{cal},80 + 3172^{cal},95 = 6664^{cal},75.$$

» Donc, pour écouler $86^{cal},55$, il faudra une surface de

$$\frac{1 \times 86,55}{6664,75} = 0^{mq},01297.$$

» L'existence des nervures sur la surface extérieure la double environ. En considérant, comme pour les tuyaux à ailettes, que la chaleur émise n'est pas proportionnelle à l'augmentation de surface due aux ailettes, on peut multiplier la quantité de chaleur émise du côté fonte par 1,5.

» On voit donc qu'avec une surface de 1^{dmq} par hectowatt nous serons dans de très bonnes conditions. C'est, d'ailleurs, ce que l'expérience et la pratique nous ont confirmé. Nous irons même jusqu'à 115 à 120 watts par décimètre carré de surface extérieure de plaque.

» Voici le type d'un hectowatt (110 volts, 1 ampère, 1^{dmq}).

» Dans les appareils à plaque horizontale, qui ne doivent chauffer qu'au-dessus, on empêche le dégagement de la chaleur au-dessous, par deux couches d'air séparées par une feuille métallique.

» Exemple : les chauffe-plats, les chauffe-pieds, chaufferettes, etc. Dans ces modèles, l'absorption d'électricité étant inférieure à 100 watts par décimètre carré, il n'y a aucun inconvénient à forcer l'émission de la chaleur par la plaque supérieure.

» Tous nos modèles pour chauffage, ou pour résistances et rhéostats, sont construits sur ces bases.

» Les grils côtelettes, les réchauds font exception. Là, le constructeur est limité par la surface et par cette exigence toute naturelle qu'un appareil électrique doit produire un effet immédiat. On est donc obligé de donner à la surface d'émission une température plus élevée qu'on admet être de 350° à l'intérieur de la plaque, ce qui donne 270° à 280° à la surface.

» En faisant le même calcul que précédemment, avec 350°, on trouve :

Calories émises par mètre carré de surface de plaque et par heure....	8235
Calories émises par mètre carré de surface de verre et par heure....	7375

» Nous supposerons que les deux couches d'air, destinées à empêcher le dégagement de la chaleur du côté du verre, ne permettent à cette surface que l'émission de la moitié des 7375 calories, soit 3687.

» La chaleur totale émise par 1^{mq} de surface dans ces conditions est donc de

$$8235 + 3687 = 11922,$$

soit 12,000 calories à l'heure.

» Pour émettre $86^{cal},55$ développées par un hectowatt-heure, il faudra

$$\frac{86,55}{12\,000} = 0^{mq},0072,$$

soit, par décimètre carré, 120 calories ou $\frac{120}{86,55} = 1,386$ hectowatt-heure ou 140 watts.

» Si nous tenons compte de l'augmentation de résistance due à l'échauffement du fil (450° ici) nous aurons, d'après Matthiessen, R résistance à $t°$ et r résistance à 0°,

$$R = r(1 + at + bt^2).$$

» Pour le maillechort

$$a = +\,0,000\,4433,$$
$$b = -\,0,000\,000\,062,$$

$$R = r[1 + 0,000\,4433 \times 450 - 0,000\,000\,062\,(450)^2] = r \times 1,1769.$$

» Si I est l'intensité à 0°, et I' l'intensité à 450°, nous avons

$$Ir = I'R, \qquad \text{d'où} \qquad I' = \frac{I}{1,1769} = \frac{4,5}{1,1769}$$

(puisque le gril absorbe $4^{amp},5$ à 110 volts au début) $= 3^{amp},82$.

L'énergie électrique absorbée après échauffement est donc

$$110 \times 3,82 = 420 \text{ watts}.$$

» Pour écouler ces 420 watts, à raison de 140 watts par décimètre carré, il faudra $\frac{420}{140} = 3^{dmq}$.

» C'est, en effet, la surface de notre plaque de gril qui a $0^{m},20$ sur $0^{m},15$ et absorbe au début $\frac{500}{3} = 166$ watts par décimètre carré et en marche $\frac{420}{3} = 140$ watts.

» Vous voyez qu'avec cet appareil nous sommes à la limite de la surface. En adoptant 120 watts par décimètre carré de plaque, pour les appareils de chauffage ordinaires, nous sommes dans des conditions qui leur assurent une longue durée.

» Avant de décrire les principaux modèles, je vais établir une base du prix de revient de l'électricité qui nous permettra de calculer le coût de l'emploi de chaque modèle.

» Le prix de revient de l'électricité dépend des conditions dans lesquelles elle est produite.

» Dans les villes ayant un secteur, le courant se vend ordinairement $0^{fr},10$ l'hectowatt-heure pour la lumière.

» La facilité de marche, que procurera aux usines électriques le développement du chauffage et de la cuisine, en augmentant le débit de jour, amènera les Compagnies à abaisser le prix à l'abonné qui fera les frais d'un compteur spécial, voire même d'un simple compteur horaire.

» Certains secteurs n'ont-ils pas déjà tenté d'abaisser à $0^{fr},06$ le prix de l'hectowatt-heure pour le chauffage. Pour les installations privées d'éclairage dans une grande ville le prix de revient de l'hectowatt-heure est de $0^{fr},035$ environ.

» Ce prix est beaucoup moins élevé chez l'industriel qui dispose déjà d'une force motrice. Le cheval-vapeur peut être produit, tous frais d'entretien compris, à 200^{fr} par an environ pour 3000 heures de travail. C'est, du moins, le cas d'un industriel de province possédant plusieurs machines de moyenne puissance, marchant dans des conditions ordinaires.

» En tenant compte du rendement, de l'entretien et de l'amortissement du matériel électrique, l'hectowatt-heure reviendra à environ $0^{fr},015$.

» Nous ne parlerons pas du prix avec force motrice hydraulique et nous prendrons comme limites du coût du chauffage $0^{fr},06$, dans une grande ville ou au secteur, et $0^{fr},02$ chez l'industriel.

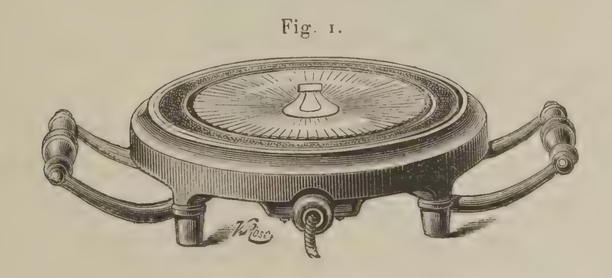
» Examinons maintenant les différents modèles.

» En général, l'effet décoratif est recherché autant qu'il est possible, en employant la fonte moulée qui, seule, permet un prix de vente abordable.

» Les enveloppes sont émaillées avec garnitures nickelées ou même argentées sur demande. Les poignées de manœuvre sont en porcelaine; l'isolement est assuré par des pieds également en porcelaine. L'ensemble, sans être luxueux, est cependant assez coquet pour trouver sa place dans tous les appartements. Comme nous l'avons vu, l'effet utile a surtout été recherché.

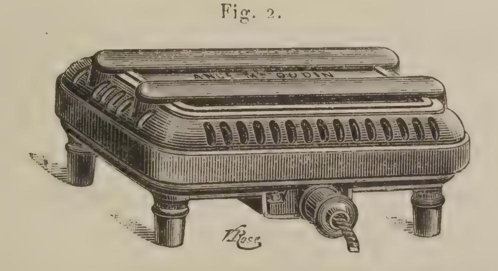
» Je rangerai dans une même catégorie le chauffe-plat rond ou carré (*fig.* 1), la chaufferette à poignée et le chauffe-pieds fixe (*fig.* 2), qui absorbent environ 250 watts, soit $2\frac{1}{4}$ ampères à 110 volts.

Fig. 1.



» Le coût du fonctionnement de ces appareils est minime, surtout en considérant que, quand ils sont chauds, il suffit de leur donner du courant de temps en temps pour maintenir la température.

Fig. 2.



» Sur demande spéciale, l'appareil peut être construit avec deux circuits et deux prises de courant. Quand la température est atteinte, on ne fait fonctionner qu'un seul des deux circuits absorbant 125 watts environ.

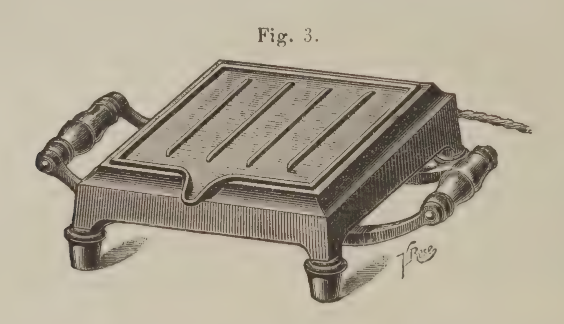
» Alors, avec quelques centimes d'électricité, vous maintenez les plats chauds pendant un repas; par la simple manœuvre d'un

commutateur placé sur votre bureau ou sur votre table et avec la même dépense, vous avez les pieds chauffés pendant une heure.

» En effet, à $0^{fr},06$ l'hectowatt, ces modèles dépensent, en pleine marche, $0^{fr},15$ à l'heure en ville et $0^{fr},05$ chez un industriel.

» Si nous examinons maintenant le gril-côtelettes (*fig.* 3) de

Fig. 3.



$4\frac{1}{2}$ ampères, ou le réchaud de $4\frac{1}{2}$ à 5 ampères à 110 volts, soit 500 watts, nous remarquons que l'absorption par décimètre carré de 140 watts, est en raison de la nécessité d'élever la température de la surface à 270° et de produire l'effet le plus vite possible. Cet appareil atteint sa température en quatre à cinq minutes; il suffit alors de trois à quatre minutes pour cuire un bifteck.

» En comptant dix minutes au maximum, le coût de la cuisson d'un bifteck est de

$$\frac{0^{fr},06 \times 5 \times 10}{60} = 0^{fr},05 \text{ sur le secteur,}$$

et de

$$\frac{0^{fr},02 \times 5 \times 10}{60} = 0^{fr},017 \text{ chez l'industriel.}$$

» *Bouilloires.* — Dans les bouilloires, le mode d'enlèvement de la chaleur étant tout différent, nous avons dû nous baser sur d'autres considérations pour établir les éléments de construction.

» Pour assurer la mise en ébullition le plus vite possible, il faut augmenter le plus possible la surface de contact de l'eau avec la plaque chauffeuse. Dans un appareil ordinaire de 1 litre, on ne peut guère arriver à une surface de contact supérieure à 15^{cm} de diamètre, ce qui donne $1^{dmq},76$ si l'on veut obtenir une bouillotte gracieuse et facile à manier.

» Deux systèmes sont établis. Dans le premier, la bouilloire mobile a son fond encadré dans une plaque chauffeuse sur laquelle elle

repose. Dans le deuxième, c'est la plaque chauffeuse étamée qui sert de fond à l'appareil : l'ébullition est évidemment plus rapide dans cet appareil dit *bouilloire express;* c'est celui que vous avez sous les yeux (*fig.* 4).

Fig. 4.



» Dans le premier cas, il faut admettre que, accidentellement, le réchaud pourra fonctionner sans sa bouilloire et, dans le second cas, que la bouilloire fonctionnera momentanément avec peu ou pas d'eau.

» D'où la nécessité de construire l'appareil comme un radiateur à l'air libre. Nous prendrons donc la même base que pour le gril-bifteck, c'est-à-dire 450° pour la température du fil et 300° à 350° pour celle de la plaque chauffeuse.

» On comprend facilement que la quantité de chaleur qui traverse la plaque chauffeuse dépend de la capacité qu'a le liquide, par sa circulation naturelle, d'absorber cette chaleur beaucoup plus que de la conductibilité propre de la plaque, et que cette quantité de chaleur doit être plus grande que par la radiation dans l'air.

» Voyons, approximativement, quelle quantité d'énergie électrique nous pourrons absorber par décimètre carré d'une plaque à la température intérieure de 350°.

» Les formules nous donneraient des chiffres qui, dans la pratique, sont sujets à de très grandes différences provenant de l'intensité de la circulation du liquide sur la surface.

» Aussi, nous nous baserons sur le résultat d'expériences d'après lesquelles un mètre carré de surface de chaudière en fonte, exposé

au feu ardent et entièrement plongé dans la flamme, ne peut produire que 100^{kg} de vapeur à l'heure.

» On a obtenu le même résultat avec une chaudière en cuivre de 3^{mm} placée dans les mêmes conditions. Ce qui supposerait que l'eau, dans une chaudière de fonte placée directement sur le feu, ne peut absorber que $100 \times 536,5 = 53650$ calories par heure et par mètre carré de surface, soit, par décimètre carré, $536^{cal},5$.

» Donc, au maximum, nous ne pourrons absorber que

$$\frac{536,5}{86,55} = 6^{hw},19$$

par décimètre carré.

» Nous avons pris comme base la moitié de ce chiffre, soit 3 hectowatts par décimètre carré et pour $1^{dm},76$ dans la bouilloire de 1 litre,

$$1,76 \times 3 = 5,28.$$

» Notre bouilloire fonctionne avec 5 ampères à 110 volts = 550 watts. Le temps nécessaire pour porter 1 litre d'eau de 15° à 100° est de

$$T = \frac{(100 - 15) \times 9,81 \times 424}{550} = 643^{s} = 10^{m}\,40^{s}.$$

» L'expérience donne douze minutes. La différence provient du rendement que nous allons examiner :

» Plaçons la bouilloire contenant 1 litre d'eau à 10° sur le plateau d'une balance et faisons passer le courant après l'avoir équilibrée. En enlevant un poids de 500^{gr}, le plateau qui contient la bouilloire retombe. Dès que nous aurons vaporisé $\frac{1}{2}$ litre d'eau, la bouilloire se remettra en équilibre; ce qui a lieu après $3420^{s} = 57^{min}$ de marche. Pendant ce temps, nous avons fourni exactement

$$550 \times 3420 = 1\,880\,000 \text{ joules},$$

ayant produit $\frac{1\,880\,000}{9,81 \times 424} = 452$ calories. La chaleur totale de vaporisation de l'eau étant 627 (l'eau prise à 10°) pour $\frac{1}{2}$ kilogramme, nous avons utilisé $\frac{627}{2} = 313^{cal},5$.

» Mais il reste $0^{lit},50$ d'eau amenés de 10° à 100° qui contiennent encore 45 calories. Nous avons donc récupéré

$$313,5 + 45 = 358^{cal},5.$$

» Le rendement pratique de l'appareil est donc

$$\frac{358,5 \times 100}{452} = 80 \text{ pour } 100 \text{ environ.}$$

» *Appareils de chauffage.* — Dans le chauffage des appartements, nous ne sommes plus limités par la surface des radiateurs; aussi, pour leur réalisation, nous avons pris, comme base d'absorption, 100 watts par décimètre carré de surface extérieure.

» Cherchons à établir quelle quantité d'énergie électrique est nécessaire pour le chauffage à 17° d'une pièce dans laquelle la surface vitrée ne sera pas exagérée; la température extérieure étant de — 5°, la différence à obtenir sera de 22°.

» Dans le chauffage par la vapeur à haute pression où la température d'un tuyau atteint 200° on compte pratiquement $1^{mq},7$ de surface de chauffe par 100^{mc} de capacité à chauffer. Avec les plaques ordinaires à 200° où l'on utilise les deux surfaces, il faudrait $\frac{1,7}{2} = 0^{mq},85$ de surface extérieure à raison de 1 hectowatt par décimètre carré de plaque = 85 hectowatts pour 100^{mc} = 85 watts par mètre cube de capacité.

» Faisons le calcul direct pour une pièce de 4^m sur 4^m et $3^m,10$ de hauteur, soit 50^{mc}.

» En admettant le séjour de quatre personnes et une ventilation de 10^{mc} d'air par personne et par heure, il y aura lieu de chauffer à 22° 40^{mc} d'air par heure. (Pour les appareils de chauffage au charbon nous comptons toutes les heures un renouvellement égal à la capacité.)

» La quantité de chaleur à fournir à ces 40^{mc} est de

$$0,238 \times 1,293 \times 40 \times 22 = 270 \text{ calories.}$$

» La surface totale des murs est de

$$4 \times 4 \times 3,10 = 50^{mc}$$

que nous supposerons être en contact avec l'air extérieur. Celle des vitres est de 4^{mq} environ en moyenne pour une pièce de 50^{mc}.

» Posons

M, quantité de chaleur qui traverse la muraille par mètre carré et par heure;

C, valeur de M pour $T - T' = 1^{\circ}$ et pour $E = 1^{m}$, soit 1,70 pour la pierre à bâtir;

$Q = K + K'$ coefficients constants qui sont : $K = 3,60$ pour la pierre à bâtir, $K' = 1,764 + \frac{0,636}{\sqrt{h}}$ pour les surfaces planes de hauteur h. Si $h = 3^{m},10$

$$Q = 5,725,$$

$$T - T' = 22^{\circ},$$

$$E, \text{ mur ordinaire} = 0^{m},22,$$

$$M = \frac{CQ(T - T')}{2C + QE} = \frac{1,70 \times 5,725 \times 22}{3,40 \times 5,725 \times 0,22} = 46.$$

» Pour 50^{mq},

$$46 \times 50 = 2300.$$

» Pour la perte par les vitres, nous avons

$$M = \frac{T - T'}{2} Q;$$

ici

$$Q = K + K' \qquad \text{et} \qquad K = 2,91,$$

$$K' = 1,764 \times \frac{0,636}{\sqrt{h}}, \qquad \text{si } h = 2^{m},$$

$$K' = 2,21,$$

$$Q = 5,81,$$

en effectuant

$$M = 56,21,$$

soit pour 4^{mq}

$$56,21 \times 4 = 225.$$

» La quantité totale de chaleur à fournir par heure est de

$$270 + 2300 + 225 = 2795 \text{ calories.}$$

» En comptant 2800 calories par 50^{mc} de capacité et par heure, nous arrivons à 56 calories par mètre cube et par heure ou

$$\frac{56 \times 424 \times 9,81}{3600} = 65 \text{ watts.}$$

» La pratique nous a fait admettre 80 watts pour les appartements bien ventilés et 65 watts pour les petites pièces ordinairement entourées par des espaces chauffés.

» Le coût du chauffage de 1^{mc} de capacité est donc de

$$\frac{0{,}06 \times 65}{100} = 0^{fr},039$$

sur le secteur et

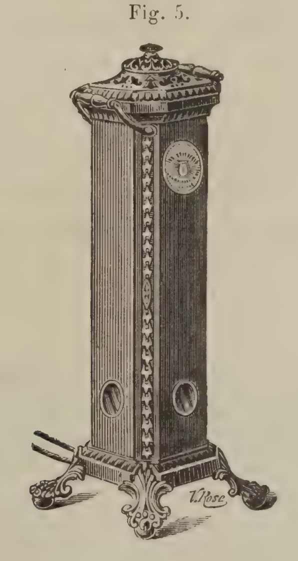
$$\frac{0{,}02 \times 65}{100} = 0^{fr},013$$

chez l'industriel. Nous avons même établi tout à l'heure que l'industriel pouvait obtenir l'hectowatt à $0^{fr},15$, ce qui donnerait, comme coût minimum du chauffage,

$$\frac{0{,}015 \times 65}{100} = 0^{fr},01 \quad \text{le mètre cube, à l'heure.}$$

» Les modèles les plus courants sont les calorifères (*fig.* 5) dont vous avez ici un spécimen. Comme vous le voyez, l'appareil chauffe

Fig. 5.



par rayonnement et par circulation d'air. La surface métallique est utilisée pour le rayonnement et la surface vitrifiée pour le chauffage de l'air.

» Une lampe simule le foyer et sert de témoin. Une ouverture à la partie supérieure, où la température atteint 100°, permet d'y placer une théière ou un déjeuner. Ce modèle absorbe 22 hectowatts en marche (20 ampères à 110 volts).

» Dans le grand modèle de 30 ampères il y a deux prises de courant permettant de ne faire fonctionner que la moitié de l'appareil,

c'est-à-dire deux faces opposées seulement, ce qui se fait quand la pièce est suffisamment chaude.

» Le faible poids et la mobilité de ces modèles permettent de les déplacer d'une pièce à l'autre, de les transporter à côté du fauteuil où l'on va s'asseoir et cela sans danger d'incendie.

» Nous classerons dans la même catégorie le radiateur de salon formé de deux plaques chauffeuses parallèles pouvant fonctionner séparément en montant l'appareil sur deux circuits dérivés.

» Ce modèle absorbe également 22 hectowatts, soit 20 en marche.

» Les chauffeuses appliques n°s 6, 7 et 8 sont construites pour le chauffage local des caisses, petits bureaux, etc.; elles absorbent $4\frac{1}{2}$, 8 ou 10 hectowatts.

» La chauffeuse murale n° 29 est spécialement faite pour être placée dans les lambris; la chaleur émise par la surface vitrifiée est utilisée au chauffage de l'air qui circule derrière la plaque au moyen des ouvertures supérieures et inférieures. Cette plaque de 10 à 11 hectowatts peut être encadrée aussi luxueusement qu'on le désire et on peut aussi disposer autant de plaques qu'il est nécessaire autour de la pièce à chauffer. Quand on les place à la partie inférieure des murs, on peut ajuster en avant un petit grillage pour empêcher le contact avec la surface chauffée (*fig.* 6).

Fig. 6.

» Comme exemple de chauffage, nous décrirons les installations faites par M. Lalance, administrateur du secteur électrique de la place Clichy, qui a bien voulu nous aider de ses conseils dans la création de plusieurs modèles. A titre d'expérience, M. Lalance a installé le chauffage électrique d'une pièce de 50^{mc} de deux manières :

» 1° Par rayonnement au moyen de chauffeuses murales, de

10 ampères à 110 volts, installées dans les lambris au milieu de panneaux formant un ensemble parfait.

» 2° Par circulation d'air chaud de la façon suivante : L'air est pris au dehors au moyen d'un conduit qui débouche à la partie supérieure de la pièce. Ce conduit contient, dans l'ordre suivant, à partir du dehors : une série de toiles métalliques fines et un matelas de ouate destinés à arrêter les poussières ; un ventilateur électrique pour appeler l'air, et une série de six plaques de 500 watts, disposées l'une derrière l'autre, avec des chicanes qui forcent l'air à lécher toutes les surfaces.

» Une boîte de distribution placée dans l'arête du plafond oblige l'air chaud à pénétrer dans la pièce, sous forme d'une lame de 1^{cm} d'épaisseur.

» L'installation est complétée par un ventilateur électrique placé au milieu de la cheminée dont l'ouverture est fermée.

» On ne met en mouvement le premier ventilateur qu'après avoir fait fonctionner les plaques cinq à dix minutes. Un thermomètre suspendu au milieu de la pièce à $1^{m},50$ du sol permet de suivre les variations de température. De temps en temps on expulse l'air vicié avec le ventilateur de la cheminée. La température obtenue dépend du nombre de plaques qu'on met en circuit.

» On comprend que cette disposition donne une température uniforme dans toutes les parties de la pièce et un chauffage hygiénique par excellence. Dans les meilleures installations de chauffage l'air chaud amené dans les pièces est plus ou moins vicié soit par son contact avec les parties métalliques du foyer amenées au rouge, soit par les fuites dues à des joints mal faits.

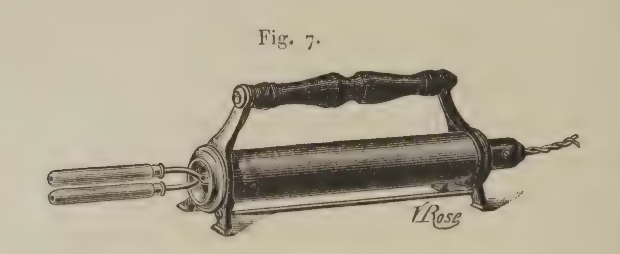
» Rien à craindre de tout cela avec le chauffage à l'électricité qui est tout indiqué pour les hôpitaux, les salles d'opération, etc. Dans ces cas spéciaux, le coût du chauffage ne devrait certes pas arrêter l'architecte.

» Dans le cas de grandes pièces à chauffer, nous pouvons monter des plaques chauffeuses dans nos calorifères au charbon, soit à l'intérieur des enveloppes, soit comme radiateurs à l'extérieur. Nous obtenons ainsi des appareils luxueux, faciles à placer et qui donneront un chauffage parfait si l'on a soin d'assurer l'arrivée de l'air pur sous l'appareil.

» Nous allons maintenant examiner différents petits appareils d'un usage courant :

» Le chauffe-fer à friser (*fig.* 7) : $0^{amp},75$ à 110 volts pendant cinq ou six minutes pour avoir un fer parfaitement chaud.

Fig. 7.



» Un modèle spécial pour théâtres, chauffant deux et trois fers, est en cours d'exécution.

» La cuisinière électrique qui complète la série des appareils de cuisine, absorbe 15 hectowatts en pleine marche, sans le réchaud. Le four est chauffé de tous les côtés par des plaques montées en dérivation sur deux commutateurs qui permettent de réduire la consommation à 6 hectowatts pour le maintenir parfaitement chaud.

» Une application semblable a été faite plusieurs fois dans les chauffe-assiettes pour restaurants. Avec une ou deux plaques fixées dans une étuve on a un chauffe-assiettes très pratique et peu coûteux, puisqu'il suffit d'environ 30 watts par décimètre carré de plaque.

» Passons maintenant au fer à souder dont voici un modèle de 2 hectowatts. C'est évidemment une des applications les plus pratiques de l'électricité, comme en témoigne l'exemple suivant : Dans notre atelier de modèles, nous installons vingt fers à souder qui absorbent 40 hectowatts à l'heure au maximum et en moyenne, arrêts compris, 30 hectowatts à $0^{fr},015$, soit pour une année de 3000 heures 1350^{fr} de dépense.

» Avec cela, pas d'usure de fer, pas de temps perdu à la forge, aucun des inconvénients du fer ordinaire ou du chauffe-fer à gaz et une très grande propreté dans le travail, ce qui est essentiel pour certaines fabrications délicates.

» Comme essai intéressant nous avons le chauffe-couteau pour bouchers. Le couteau est placé entre deux plaquettes formant gaine

dissimulées dans un cylindre en bois portant la prise de courant à broche.

» Après quelques minutes de marche on enlève l'appareil pour le porter à la manière de la gaine à couteau ordinaire ($1^{amp},5$ à 110 volts maximum pour le fonctionnement).

» La série des modèles se complètera par les chauffe-fers pour tailleurs, chapeliers et lingères, par la poêle à frire, la bassinoire, le pot à colle, etc., qui sont en construction ou à l'étude, sans compter les modèles particuliers à des applications industrielles spéciales qu'il serait trop long de vous énumérer.

APPLICATION DU PROCÉDÉ A LA CONSTRUCTION DES RÉSISTANCES ET DES RHÉOSTATS.

» Nous n'avons pas à signaler les inconvénients des résistances ordinaires pour montrer les avantages de celles-ci.

» Voici, par exemple, un modèle couramment employé : c'est le type d'un kilowatt (10 ampères, 110 volts). Ses dimensions sont de 30^{cm} sur 35^{cm} avec 14^{mm} d'épaisseur; elles peuvent être réduites à 30^{cm} sur 30^{cm} avec 8^{mm} d'épaisseur. En plaçant ces plaques verticalement à 10^{mm} l'une de l'autre, pour que l'air puisse y circuler, on constitue une résistance certainement peu encombrante et de toute solidité. Le poids d'une plaque ordinaire est de $4^{kg},500$ (450^{gr} par décimètre carré) pouvant être réduit à $3^{kg},500$ (350^{gr} par décimètre carré).

» Pour une résistance de 10 kilowatts (100 ampères à 110 volts) les dimensions d'encombrement seraient : $0^{m},30$ sur $0^{m},30$ et $0^{m},25$ d'épaisseur.

» En plaçant les plaques dans l'eau on arriverait facilement, pour 10 kilowatts, à $0^{m},20 \times 0^{m},20$ avec une épaisseur de $0^{m},15$.

» Cette dernière méthode est en voie d'expériences et tout porte à croire que les essais seront satisfaisants. Elle aurait son application dans les résistances de mise en route des grands moteurs électriques.

» En général, toutes les plaques chauffeuses de nos appareils peuvent être utilisées pour la construction de résistances.

» Rien n'est plus facile également que d'en faire des rhéostats.

» Voici les dispositions d'un rhéostat de 6 ohms 15 ampères. La

plaque porteuse est encadrée d'une moulure pour être appliquée sur le tableau au moyen de quatre vis munies de pieds isolateurs. La partie supérieure en demi-cercle est destinée à recevoir la plaque de marbre qui maintiendra les vingt-quatre touches réparties sur la demi-circonférence.

» Chacune de ces touches est reliée à l'une des vingt-quatre pattes en cuivre noyées dans le verre, au moyen d'un conducteur isolé à l'amiante. L'air circule derrière la plaque par des ouvertures pratiquées dans la moulure. Le cadran de réglage en cercle complet pourrait aussi bien être placé au centre de la plaque. Les dimensions de l'appareil sont : 55^{cm} de haut, 35^{cm} de large et 5^{cm} de saillie y compris le cadran de manœuvre.

» Une série de modèles de résistances pour lampes à arc est aussi à l'étude ; vous voyez ici le modèle pour deux lampes de 6 ampères 42 volts, montées par deux sur 110 volts. La moitié de la longueur du fil est au minimum en circuit et vous avez huit touches de réglage.

» L'appareil, peu encombrant, est solide et d'un aussi bon effet que les rhéostats ordinaires.

APPLICATIONS AUX TRAMWAYS.

» Les appareils qui ont été décrits trouvent leur application dans les tramways électriques, où ils peuvent être utilisés :

» 1° Comme résistances de mise en marche des moteurs ;

» 2° Comme radiateurs pour le chauffage de l'air de la voiture ;

» 3° Comme plaques chauffeuses placées sous les pieds des voyageurs.

» Le rhéostat de moteur doit être calculé d'après les bases indiquées précédemment.

» Les plaques rectangulaires de $0^{m},80$ à 1^{m} de longueur, avec $0^{m},15$ de hauteur, conviennent le mieux parce qu'elles se placent facilement sous la voiture. Voici une disposition, en ce moment en expériences sur une voiture à deux mises en marche fonctionnant avec du courant continu à 550 volts.

» Les deux rhéostats de la voiture sont composés chacun de neuf plaques de $0^{m},90$ de longueur, $0^{m},15$ de hauteur et $0^{m},014$ d'épais-

seur, placées verticalement à $0^m,014$ d'intervalle, soit en tout dix-huit plaques formant une épaisseur totale de $0^m,50$, placées sous le plancher dans une caisse ajourée.

» Chaque rhéostat a six prises de courant correspondant aux six touches de la manette. Pour chacune des positions 1, 2 et 3, deux plaques sont en tension, pour celles 4, 5 et 6 une plaque seulement.

» La résistance totale pour un rhéostat est de 10 ohms environ. L'intensité variant de 25 à 55 ampères.

» La surface d'un rhéostat est de 122^{dmq} de plaque avec une absorption maximum de 120 watts par décimètre carré. Le poids de chaque plaque étant d'environ 7^{kg}, le poids du rhéostat est de 63^{kg}.

» Les plaques rectangulaires de $0^m,30$ sur $0^m,30$ sont en ce moment en essais sur des voitures à quatre moteurs alimentés par du courant à 550 volts.

» L'ensemble des résistances placées au-dessous des voitures comprend cinquante plaques du type de 1 kilowatt (9 ampères, 110 volts). On intercale successivement des séries de cinq plaques en tension.

» Le même modèle de plaque peut être employé comme radiateur pour le chauffage de la voiture. Il est alors placé verticalement sous la banquette, mais le type de 500 watts, de $0^m,25$ de long et $0^m,20$ de haut convient mieux.

» Avec du courant à 550 volts on peut placer deux radiateurs sous chaque banquette, soit quatre pour la voiture, en les groupant en deux séries de deux.

» Chacun d'eux a une résistance de 137 ohms pour 2 ampères à 275 volts.

» Un commutateur permet de mettre en circuit une ou deux séries et, par suite, de régler la quantité de chaleur dégagée en absorbant respectivement 1100 ou 2200 watts.

» Il est certain que par les grands froids, lorsque les voitures sont pleines, la température se maintient souvent suffisante sans chauffage. On ne ferait donc fonctionner les radiateurs que quand la circulation diminue.

» Le système des plaques chauffeuses sous les pieds des voyageurs n'est pas applicable aux voitures qui ont des cadres de visite

sur le plancher. Avec ce système, le nombre total des plaques par rangée est égal au nombre des voyageurs. On peut compter 2 ampères par rangée de chauffe-pieds avec 550 volts, soit encore 4 ampères ou 2200 watts par voiture.

» Le prix de revient du chauffage dépend des conditions d'exploitation du réseau.

» Supposons, ce qui a lieu pour certains réseaux, que le cheval-heure indiqué à l'usine revienne à $0^{fr},03$:

» Prenons 70 pour 100 pour le rendement de l'usine, 10 pour 100 pour la perte en ligne et 70 pour 100 pour le rendement des moteurs de voitures.

» Le rendement total sera

$$70 \times 0,9 \times 0,7 = 45 \text{ pour 100 environ.}$$

» Les 700 watts-heure à la voiture coûteront

$$\frac{0,03 \times 100}{45} = 0^{fr},066.$$

En comptant quinze heures de marche par jour et une consommation de $\frac{1100 + 2200}{700} = 1650$ watts. Le chauffage coûtera par voiture et par jour

$$\frac{0,066 \times 1650 \times 15}{2} = 2^{fr},35.$$

» En résumé, nous avons vu qu'avec l'électricité produite par un industriel pour sa propre consommation, on peut aborder le chauffage des appartements; il n'en est pas de même avec l'électricité à $1^{fr},10$ le kilowatt. On ne peut alors chauffer pratiquement que les petites pièces, cabinets de toilette, bureaux, caisses, etc.

» Cependant, si les secteurs pouvaient, comme nous comptions tout à l'heure, abaisser le prix du kilowatt à $0^{fr},50$ ou $0^{fr},60$, ce qui a déjà été tenté, et adopter le compteur horaire, il y aurait lieu d'espérer une application plus générale des calorifères et des radiateurs électriques; car le prix des appareils n'est pas un obstacle à leur emploi. Les prix que vous avez sous les yeux vous le prouveront. Quant aux prix des plaques chauffeuses seules, ils varient de $1^{fr},25$ à $1^{fr},50$ le décimètre carré.

» En vous citant quelques applications de la transformation de

l'énergie électrique, notamment les résistances de mise en marche et les rhéostats, nous avons cherché à attirer votre attention sur celles particulières que les électriciens pourraient être appelés à faire, et en vous montrant dans quelles conditions et sur quelles bases les appareils sont construits, nous avons voulu vous faire pressentir les services que vous pourriez en attendre.

» Nous serions heureux s'il nous était donné de pouvoir associer nos efforts aux vôtres dans le but d'aider au développement que doit prendre l'Électricité dans l'industrie. »

M. le Président remercie M. Colin.

SUR L'ÉTABLISSEMENT DES CANALISATIONS ÉLECTRIQUES A L'INTÉRIEUR DES HABITATIONS.

M. F. Bonfanté. — « Sur les installations électriques dans l'intérieur des habitations, sujet auquel je vais toucher ce soir, il y a eu, dès la première heure des applications de l'électricité, une telle abondance de règlements, tout aussi bien de la part des administrations publiques que de celle des Compagnies concessionnaires d'éclairage, que vraiment un sentiment de satiété est la première impression qui se dégage au simple énoncé du titre.

» Aussi bien, dois-je commencer par vous dire que, au milieu de cette flore administrative, d'un nouveau genre, je n'ai nullement l'intention de m'aventurer. Mon but, ce soir, en venant vous réclamer quelques minutes d'attention, est de vous signaler certains phénomènes de nature accidentelle, et par conséquent très rares, empressons-nous de le dire, qui peuvent intervenir sur les canalisations électriques en charge.

» Ces phénomènes, se ramenant dans la plupart des cas à la formation de deux arcs en série sur 110 volts, peuvent persister pendant quelques minutes sans qu'aucun plomb fonde. Ils peuvent par suite, est-il besoin de le dire? avoir les conséquences les plus fâcheuses suivant le milieu où ils se forment; et, quand nous aurons ajouté que ce qui réunit ces deux arcs en série est le plus souvent une canalisation d'eau ou de gaz, nous aurons montré quelle est l'opportunité qu'il y aurait à rendre la réalisation de ces phénomènes sinon impossible du moins excessivement rare.

» Frappé depuis de nombreuses années de la formation de ces arcs *sans fusion de plombs,* nous avons été amené insensiblement, et en quelque sorte malgré nous, à une conclusion à laquelle notre désir le plus ardent serait de vous faire arriver vous-mêmes. Cette conclusion certes étonnera beaucoup d'entre vous, comme elle nous a étonné nous-même; même plus, elle soulèverait un premier mouvement de protestation si, me laissant aller à un certain amour du paradoxe, je vous l'énonçais *ex abrupto*.

» Aussi, dans l'intérêt de ma cause, me permettrez-vous de tenir

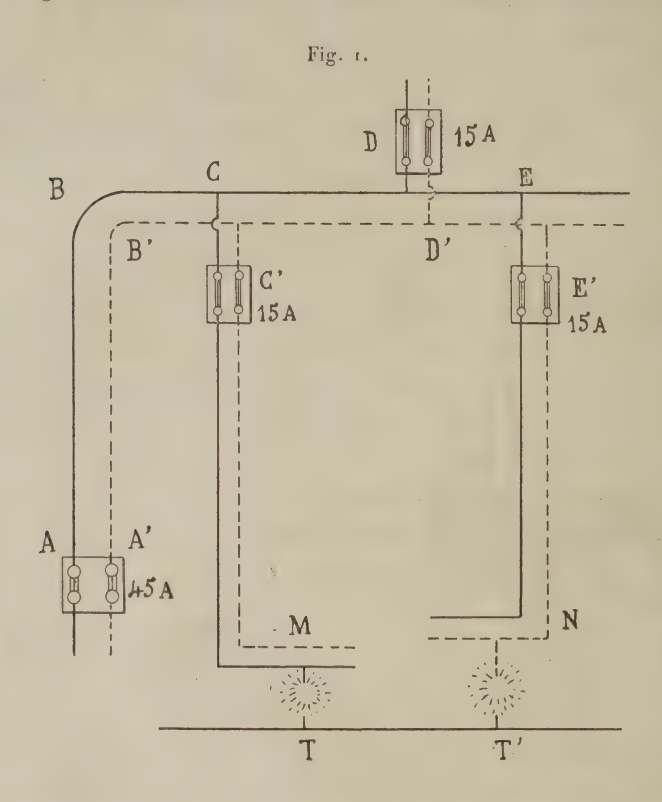
encore quelques instants votre curiosité en haleine et de procéder par voie analytique avant de conclure.

» Considérons, en effet, Messieurs, une canalisation intérieure que nous supposerons très bien faite, au point de vue des mille et un règlements qui régissent la matière. Soient donc deux conducteurs principaux ABCD, A′B′C′D′ munis de leur coupe-circuit principal prévu pour un régime normal de 45 ampères et disposés dans des moulures en bois dont les rainures, d'après les règlements, seront au moins à 1^{cm} de distance, mais en réalité à 15^{mm} ou 16^{mm} d'après les moulures que l'industrie fabrique pour un régime de 45 ampères. Sur ces conducteurs sont branchées plusieurs dérivations munies chacune à leur départ d'un coupe-circuit approprié au régime d'ampères qu'elle doivent supporter et que nous supposerons de 15 ampères. Ces coupe-circuit, suivant les règlements auxquels ils sont soumis, seront munis de plombs fondant au double ou au triple du régime normal, c'est-à-dire à 30 ou à 45 ampères; enfin, comme dernière hypothèse, admettons que deux de ces dérivations CC′, DD′ passent près d'une canalisation, eau ou gaz TT′ (*fig.* 1).

» Ici, qu'il nous soit permis de dire qu'une pareille canalisation, si bien installée qu'elle soit au début, aura le sort qu'a ici-bas tout ce qui vieillit : elle pourra s'altérer, s'abîmer, subir les influences successives de chaleur et d'humidité : bref, pour une cause ou pour une autre, supposons qu'en M et en N il s'établisse une dérivation au sol qui tendra en quelque sorte vers le tuyau TT′. Si nous nous trouvons dans le cas de courant continu, encore le cas le plus fréquent en France à l'heure actuelle, l'électrolyse, le *ver rongeur* de ces courants, s'en mêlera, ouvrant et élargissant sans cesse le chemin que le courant, à l'état initial de milliampères, a commencé à se créer; tant et si bien qu'un beau jour un arc pourra jaillir en M et N entre les conducteurs de nom contraire et le tuyau TT′. On conçoit sans peine que deux arcs en série sur 110 volts, trouvant un régime normal à leur existence, ne prennent pas, dès le début, un nombre infini d'ampères; ils pourront donc fonctionner pendant quelques minutes à un régime qui sera de 8, 9, 10 ampères, augmentant au fur et à mesure que les vapeurs métalliques le rendent plus conducteur; ils pourront ainsi atteindre 30 ou 45 ampères avant que les plombs fondent aux coupe-circuits de dérivation. Mais, avant que ce

régime soit atteint, le tuyau TT′, si c'est un tuyau à gaz et qui sera par suite généralement en plomb, aura fondu en deux points différents et le gaz sera enflammé. Point n'est besoin de décrire le reste.

Fig. 1.



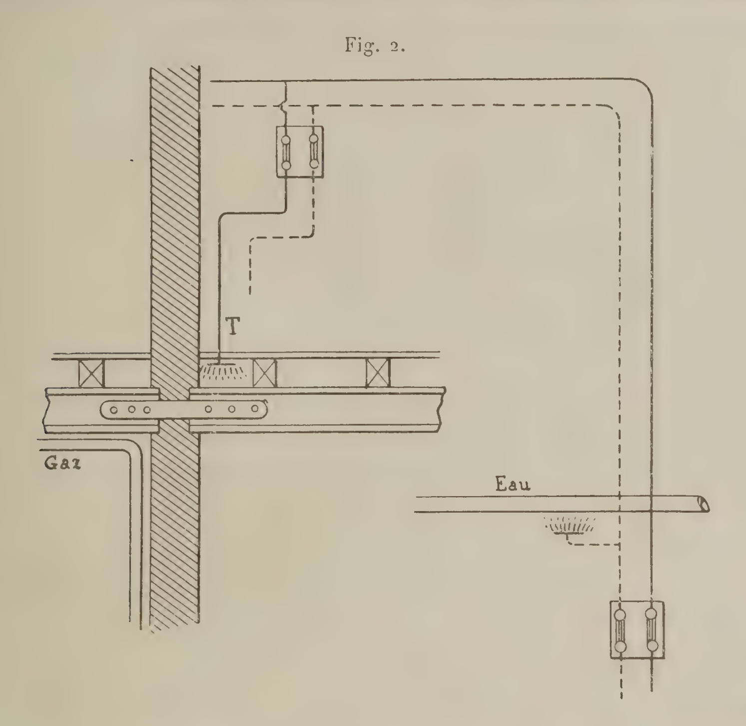
» Je ne pense pas, Messieurs, que quelques-uns d'entre vous veuillent contester la légitimité des séries d'hypothèses précédentes, car, si malencontreuses et si recherchées qu'elles paraissent au premier abord, elles sont encore au-dessous de ce que la pratique courante révèle, aujourd'hui que les installations électriques sont très nombreuses.

» Sans vouloir vous donner la nomenclature de dérivations au sol dans lesquelles l'électricité paraît avoir spécialement recherché son *frère ennemi le gaz,* nomenclature qu'il vous sera facile de vous procurer, comme nous nous la sommes procurée nous-même avec dates et emplacements, nous vous décrirons deux cas excessivement curieux qui vous prouveront que l'hypothèse précédente, si complexe qu'elle paraisse, est encore au-dessous de la réalité.

» Le 27 avril 1894, chez un marchand de meubles du centre de

Paris, où l'électricité n'était pas installée et où par suite aucune canalisation électrique n'était posée, un arc se produisit entre la rampe de gaz de la devanture et une colonne de fonte reposant sur un dé en pierre et portant à sa tête un poitrail de fer qui, par les fers à T du plancher, devait très probablement communiquer, malgré le mur mitoyen, avec le plancher métallique de la maison voisine (*fig.* 2). Il est superflu d'ajouter que dans cette dernière maison

Fig. 2.



existait une canalisation électrique importante qui, au moment de l'accident, avait eu un point défectueux avec formation d'arc; pour expliquer le phénomène, on le voit, Messieurs, il faut admettre que la partie métallique des deux constructions voisines s'est comportée comme un conducteur moyennement isolé.

» Retenons cet enseignement que les masses métalliques, par suite de cette propriété qu'elles présentent d'être parfois isolées de la terre et de l'éventualité de pouvoir être mises en connexion accidentelle avec des canalisations électriques, doivent être soigneusement observées.

» Le même cas d'arc produit dans un bâtiment exempt de toute canalisation électrique s'est produit, à notre connaissance, dans un

hôtel où les conditions suivantes se sont trouvées réalisées : toute la partie métallique d'une serre, jardin d'hiver, s'est trouvée en connexion accidentelle avec un des pôles de la canalisation, à l'endroit d'une prise de courant de 15 ampères, très bien montée sur ébonite, avec pôles très écartés et grand luxe de précautions isolantes. L'appareilleur y avait eu judicieusement recours, parce que cette prise de courant, par sa destination même, était placée très près de la jardinière de la serre, par conséquent dans un milieu humide; un arrosage intempestif ayant eu lieu, la connexion électrique entre la borne en charge et la terre se fit. Le courant suivit toute la masse métallique, qui se trouvait être isolée, suivit un tuyau de zinc de descente des eaux pluviales du toit qui longeait un mur mitoyen de la cour et détermina la formation d'un arc au point terminus où il touchait légèrement le chéneau du toit de l'écurie. L'arc fut assez persistant et assez puissant pour être vu en plein jour. Aucun plomb n'était fondu dans l'installation; la fusion du zinc ayant probablement déterminé l'allongement de l'arc, le vent en détermina l'extinction. Il est inutile d'ajouter qu'un arc s'était également formé entre la borne montée sur ébonite et la partie métallique de la serre.

» Voilà le mal, Messieurs; quel peut donc être le remède, s'il y en a un? Ce serait évidemment la fusion du plomb. Comment la provoquer? Par un court-circuit franc. Comment provoquer ce court-circuit franc, si ce n'est *en mettant côte à côte les deux conducteurs* pour que, toutes les fois qu'une action corrosive de dérivation au sol s'établira, le conducteur de polarité contraire à celui endommagé soit frappé avant que toute masse métallique, canalisation d'eau ou gaz puisse l'être.

» Nous n'avons pas la prétention de dire, l'absolu n'étant pas de ce monde, que tout accident sera ainsi évité; mais nous croyons qu'il n'est pas téméraire d'admettre que si la distance entre les deux conducteurs de nom contraire était beaucoup plus faible que celle qui sépare chacun de ces conducteurs du sol (masses métalliques ou canalisations quelconques), toute action sur ces canalisations serait peu probable, avant qu'il y ait eu court-circuit franc. Les arcs, dont nous parlons plus haut, seraient le plus souvent évités si, dès le moment qu'une perte à un conducteur provoque une

dérivation vers les parties avoisinantes, l'enveloppe isolante qui sépare le conducteur en souffrance du conducteur de nom contraire était la première attaquée et détruite ; un court-circuit franc, que je n'hésite pas à traiter de *sauveteur*, se formerait et séparerait la dérivation endommagée de tout le réseau par la fusion du plomb.

» Or, aujourd'hui, dans les canalisations usuelles, les choses peuvent-elles se passer ainsi? Autrement dit, cette mise en court-circuit franc des deux conducteurs peut-elle se faire au moment où une dérivation sérieuse au sol se produit sur l'un des deux?

» Il nous semble qu'il suffit d'examiner le mode habituel de dispositions des conducteurs pour pouvoir répondre négativement.

» Conformément aux habitudes prises, plutôt encore qu'aux règlements en vigueur, on dispose généralement les deux conducteurs dans une moulure en bois, où se trouvent deux rainures placées à une distance l'une de l'autre double, le plus souvent, de celle qui existe entre le bord extérieur des rainures et le bord le plus proche de la moulure.

» Donc, toutes choses égales d'ailleurs, en admettant que le phénomène de dérivation à la terre, accompagné ou non d'électrolyse, rayonne symétriquement autour du premier point en défaut du conducteur, le contact avec une pièce métallique pourra se faire plus rapidement qu'avec le conducteur de nom contraire.

» Je crois pouvoir dire qu'on se trouve dans les conditions requises pour que l'arc, au cas où il se forme, puisse persister un temps appréciable, et que son action néfaste sur les canalisations voisines puisse se produire avant que les plombs fondent.

» Et alors, Messieurs, on est amené à se poser cette question : qu'est-ce qui oblige, dans les règlements en vigueur, à avoir cette distance entre les deux conducteurs?

» Nous répondrons : un peu les règlements, surtout ceux de la première heure, beaucoup plus encore aujourd'hui l'habitude prise.

» Nous voyons, en effet, cette règle de distance des deux conducteurs apparaître pour la première fois dans l'Ordonnance du 17 avril 1888 relative à l'emploi de la lumière électrique dans les théâtres. Elle y fait l'objet de l'article XIX, chapitre IV, où, en même temps qu'un écart de 10^{mm} est imposé pour les câbles desservant les lampes à incandescence et une de 20^{mm} pour les lampes à arc, un

espace de 60^{mm} est imposé entre les conducteurs et les pièces métalliques de la construction.

» On ne peut, Messieurs, qu'admirer la sagesse de cet article et la prévoyante perspicacité de ses auteurs qui, à une époque où l'application de la lumière électrique dans les habitations était un peu à ses débuts, pressentaient si bien les inconvénients de contacts avec les pièces métalliques quelles qu'elles fussént.

» Depuis, les premiers secteurs installés à Paris s'inspirèrent de cet article, et c'est ainsi que nous voyons apparaître, dans leurs règlements relatifs aux installations intérieures, ce minimum de 10^{mm}:

» Secteur d'éclairage et de force, article IV, alinéa 7 ;

» Secteur de la Compagnie Parisienne de l'air comprimé, article IV, alinéa 6;

» Secteur Clichy, article IV, alinéa 4.

» En 1892, la Chambre syndicale des industries électriques crut à propos, et l'on ne saurait trop l'en louer, de reprendre le travail qu'elle avait déjà fait en 1888 et de publier des instructions générales pour l'établissement de lumière électrique. Revenant sur son règlement de 1888 où, à l'article IV, § 8, relatifs aux conducteurs intérieurs, elle disait : *Les conducteurs parcourus par un courant de moins de* 10 *ampères pourront être placés côte à côte à la condition qu'ils soient bien isolés,* elle maintenait à l'article IX l'obligation de deux rainures séparées et, pour les conducteurs séparés, non placés sous moulure, on voit réapparaître la règle de 1^{cm} d'écartement.

» Nous devons remarquer que, dans le même article, on ne maintenait pas l'écart de 60^{mm} de toute pièce métallique; en agissant ainsi, on restait dans un bon esprit pratique; car cette distance, si minime qu'elle paraisse *a priori,* est difficile à réaliser dans certains immeubles où les canalisations de toute nature ne peuvent être disposées que dans les mêmes dégagements.

» Par contre, l'article X acceptait pour la première fois les conducteurs doubles *renfermant, sous une même tresse ou ruban, les deux fils isolés séparément à la condition que l'isolement électrique des deux âmes et leur écartement fussent assurés.*

» Je me permets d'insister sur cet article X qui pourrait constituer un acheminement à ce qui, d'après nous, est un desideratum à réaliser.

» Nous arrivons enfin à l'arrêté du préfet de la Seine, du 25 juillet 1895, destiné, paraît-il, à réglementer les installations intérieures alimentées par les secteurs électriques concessionnaires de la Ville de Paris.

» Dans ce règlement assez libéral, trop élastique même à notre avis, car, de crainte d'être exigeant, il se garde de préciser et donne, par suite, trop de latitude à l'interprétation personnelle des agents chargés d'en vérifier l'exécution; dans ce règlement, disons-nous, l'article X vise la pose des conducteurs; il ne parle plus de distance à établir entre les conducteurs. Il appuie très judicieusement sur l'importance qu'il y a à isoler les canalisations aux croisements des masses métalliques. De même, à l'article XII, il fait mention de moulures sans dire si elles seront à une ou plusieurs rainures. Tout porte à croire, nous l'avouons sans peine, que dans l'esprit des auteurs il s'agit des moulures habituelles, c'est-à-dire à rainures multiples.

» Il n'en est pas moins permis de constater que la distance des conducteurs n'est plus réglementée, et en vertu de l'adage *Qui ne dit mot consent,* on peut admettre que le voisinage de conducteurs de noms contraires est toléré.

» En dehors des règlements administratifs, voyons s'il n'existe pas une tendance au rapprochement des deux conducteurs pour lequel, on le comprend aisément, on devait avoir une certaine appréhension, dès la première heure.

» Nous trouvons, dans une conférence faite à l'institution des Ingénieurs électriciens de Londres, le 28 novembre 1895, par M. Mavor, membre de cette Société, la description d'un système spécial de canalisation intérieure en câbles concentriques dont le conducteur externe est mis à la terre. Entre autres avantages de son système, l'auteur préconise l'absence des actions extérieures sur les autres canalisations.

» Sans insister d'une façon spéciale sur ce point, M. Mavor, au cours de sa conférence, s'exprime ainsi :

« Si l'isolant se trouve piqué ou que l'humidité l'ait atteint, la » distance de l'isolant entre les conducteurs *est si faible* que la » faute y développe un court-circuit et que l'étincelle jaillit du con-

» ducteur central à la surface intérieure de la gaine métallique et,
» se trouvant entièrement à l'intérieur de cette gaine, ne peut com-
» muniquer le feu à ce qui l'entoure. »

» Les conducteurs concentriques s'éprouvant eux-mêmes sont ainsi *self testing* (malgré mon peu d'enthousiasme pour l'anglomanie, vous me permettrez cette expression originale qui résume bien la qualité que nous trouvons aux conducteurs côte à côte). « Les
» défauts, ajoute M. Mavor, ne peuvent durer longtemps, ils se
» coupent eux-mêmes automatiquement. »

» Enfin, relevons cet autre fait; un de nos secteurs parisiens, pour en finir avec les méfaits de l'électrolyse au croisement de ses branchements d'abonnés avec les tuyaux de gaz qu'ils rencontrent, refait ces branchements en câbles concentriques.

» Nous sera-t-il permis, après tous ces faits, d'énoncer notre proposition pour terminer cette causerie déjà trop longue.

» Nous dirons donc : la seule manière connue de détacher d'un réseau un tronçon endommagé étant la fusion d'un plomb par un court-circuit franc, disposons les conducteurs de noms contraires côte à côte dans une même gaine, de telle sorte que si un conducteur blessé a tendance à provoquer une dérivation au sol, le premier effet de cette dérivation, qui se manifestera d'abord par un échauffement avant qu'un arc puisse jaillir, soit la destruction de l'isolant entre les deux conducteurs. De cette façon, nous créerons un court-circuit franc amenant la fusion d'un plomb et, par suite, la séparation du tronçon endommagé.

» Comme première solution pratique, avec les conducteurs actuellement en usage, on pourrait disposer les conducteurs dans la même rainure, quand on les met sous moulure; dans la même gaine métallique, quand on les met sous plomb ou en fourreau. Le principe posé et accepté par qui de droit, l'initiative privée de nos industriels fera le reste.

» Voyons maintenant quelles sont les objections que l'on peut formuler contre un pareil principe.

» 1° En premier lieu, dira-t-on, il y aura plus souvent de courts-circuits et, par suite, d'extinctions. Certes, oui ! mais où sera le mal? Une extinction, si fâcheuse et intempestive qu'elle puisse être,

n'est jamais qu'un incident, tandis que deux arcs en deux points différents d'un immeuble, outre qu'ils concourent à former le même incident, l'agrémentent d'un accident.

» Dans tous les cas, les secteurs à distribution directe, qui sont tributaires de l'isolement de leurs installations particulières, ne pourront qu'y gagner, puisqu'à tout défaut grave qui se manifeste on lui offre une porte de sortie.

» 2° On pourra encore nous dire : cet arc que vous appréhendez tant, vous l'aurez à chaque fois entre vos conducteurs, et si instantané qu'il soit ne pourra-t-il produire les mêmes effets ? Nous répondrons à cela qu'arc pour arc nous l'aimons mieux dans l'intérieur d'une moulure et instantané, qu'à l'air libre, parfois sur un tuyau de gaz et persistant. D'ailleurs, à ce sujet, qu'il me soit permis, à titre de renseignement, de citer le fait suivant dont j'ai été témoin. Un ouvrier menuisier, appelé, en dehors de l'installation électrique, à faire une boîte de protection pour un petit tableau de distribution intérieure, eut l'idée de fixer les côtés de la boîte contre les flancs des moulures. Ce qui devait arriver eut lieu; une pointe traversa le premier conducteur et vint en contact avec le second. Or, l'effet produit à l'extérieur fut si peu de chose que l'ouvrier ne s'en aperçut même pas : la moulure ne portait à l'extérieur aucune trace, à tel point que des ouvriers électriciens, tout en constatant le court-circuit, ne surent pas le trouver; enfin, quoique la pointe (de $\frac{22}{10}$ de millimètre de diamètre) cause du méfait, comparée aux autres, présentât une diminution de longueur de 6^{mm} qui avaient dû être volatilisés par l'arc, la rainure n'offrait presque pas de trace, je ne dis pas de feu, mais d'action quelconque.

» 3° Comme troisième objection on peut encore nous dire : mais les règlements actuellement en vigueur conseillent un isolement supplémentaire aux traversées de gaz et de canalisations quelconques, voire même de masses métalliques; en ces endroits la protection et la distance entre les conducteurs sont, quoiqu'ils soient séparés, relativement faibles, comparées à ces mêmes protections et distances par rapport aux masses métalliques. Nous reconnaissons sans peine que ce principe de protection complémentaire est bien indiqué; nous nous sommes même plu à le mettre en relief comme venant au secours de notre cause.

» Mais si ce principe doit être si bien appliqué, étant donné qu'il vise et canalisations et masses métalliques quelconques, comment fera-t-on dans les constructions où l'on rencontre ces masses à chaque instant, surtout dans les planchers dans l'épaisseur desquels on loge les conducteurs?

» On mettra, et c'est ce que l'on fait, un isolement complémentaire à chaque câble; mais alors on augmente aussi bien l'isolement entre eux comme leur isolement à la terre; ces deux isolements augmentent de la même quantité; ils tendent à s'égaler puisque leur rapport tend vers l'unité.

» Donc, pour se maintenir dans l'esprit même des règlements en vigueur, il faudra les envelopper ensemble d'un isolant complémentaire pour que, leur isolement à la terre augmentant, leur isolement réciproque reste le même. *Il faudra, en un mot, les mettre dans une même gaine isolante.* Mais n'est-ce pas là ce que nous demandons? Et l'objection faite, loin d'infirmer notre conclusion, vient militer en sa faveur.

» D'autres objections, sans doute, nous seront faites, sinon ce soir, du moins ultérieurement. Je ne demande même pas mieux qu'une Commission nommée par votre Comité les accueille et les discute.

» Si cela avait lieu je m'estimerai très heureux; mon but, ce soir, n'a pas été tant de vous convaincre que de soumettre à votre haute appréciation une conclusion qui étonne d'abord, et à laquelle on s'habitue, en quelque sorte, ensuite.

» Cette conviction, je ne puis vous la demander ni ce soir ni demain, car on peut dire d'elle ce que Roger Bacon disait de la vérité : « Elle est fille du temps. »

M. le Président. — « Je remercie M. Bonfante et soumettrai au Bureau de la Société la proposition par laquelle il a terminé son intéressante Communication. »

La séance est levée à $10^h 30^m$ du soir.

REVUE DES TRAVAUX ET PUBLICATIONS.

Tramways. — M. Woodbridge propose pour les lignes de tramways dépassant 10^{km}, et surtout quand les régions extrêmes n'ont qu'un service intermittent ou irrégulier, d'installer, à l'extrémité de la ligne, un moteur générateur formé de deux dynamos couplées, chacune de 500 volts et excitées par des dérivations prises entre le trolley et le sol; la dynamo-génératrice a son pôle — aux rails, son pôle + au trolley, tandis que le moteur reçoit son courant d'un fil spécial à 1000 volts, et est relié aussi au trolley. Ce fil spécial est alimenté par une dynamo à la station centrale, dont le pôle — est relié aux barres omnibus (+500). Cette dynamo est donc associée en série avec les dynamos du service régulier, et, comme elle a le même voltage, elle peut aussi leur être associée en quantité, quand le service sur la région extrême de la ligne le permet. Un enclenchement magnétique facile à concevoir met hors circuit le moteur générateur, quand le fil spécial n'est parcouru par aucun courant et que la dynamo auxiliaire est en quantité, de sorte qu'on peut faire fonctionner ou arrêter ce moteur de la station centrale. Il est clair que la section du fil spécial est notablement inférieure à celle d'un feeder rendant les mêmes services à 500 volts, et que le courant de retour par les rails est moindre. La solution paraît surtout avantageuse pour les Compagnies qui, à la suite d'agrandissements successifs, possèdent des unités de faible puissance et sans usage.

(*Electrical World;* 29 août 1896.)

Sur certaines lignes très chargées, M. Harold Brown a trouvé que le rendement était moindre que 45 %. Dans une installation, fort soignée d'ailleurs, une double voie de rails de 50^{kg}, partant de l'usine pour desservir dix ou douze autres lignes semblables, devait livrer passage à 8000^{A}. Les rails avaient dix-huit mois de service, ils étaient reliés par des *Chicago bonds* de 20^{cm} de long et 1^{cm} de diamètre, paraissant en bon état. Mais, en examinant les choses de plus près, on s'aperçut qu'un circuit auxiliaire de retour, qui devait débiter 700 ampères, n'en débitait que 75; et, à la station centrale même, des rails, qui auraient dû laisser passer 1000^{A}, n'en laissaient passer que 25^{A}. La ligne avait donc une résistance bien supérieure à ce que l'on devait supposer, ce qui permettait d'expliquer les baisses de voltage observées lors des grands débits et, de plus, les tuyaux de gaz voisins étaient exposés à des électrolyses graves. L'auteur recommande donc de surveiller attentivement la résistance des joints, en employant un voltmètre Weston qui donnerait le dix-millième de volt.

Il a trouvé, en démontant les joints, que la surface de contact entre le cuivre et le fer était entièrement recouverte d'une couche mauvaise conductrice; l'auteur n'est pas du reste favorable aux joints soudés, soit électriquement, soit par de la fonte; on sait qu'il en a proposé un autre à base d'amalgames. (*Electrical World;* 24 octobre 1896.)

A la réunion de la *Street railway Association,* à Saint-Louis, M. K. Bowen a donné des détails sur la construction et l'entretien des voies des tramways de Chicago. Une voie double, en rails de 50^{kg} par mètre courant, établie sur béton, avec pavage en bois occupant une largeur de 5^{m},40 sur la chaussée, revient à 84^{fr} le mètre courant (non compris les frais généraux, taxes, etc.), dont 30^{fr} pour les rails, 3^{fr},96 pour les soudures, 17^{fr} de main-d'œuvre, 5^{fr},18 de traverses de chêne blanc et 10^{fr} de pavé de bois de cèdre. Le rail, en acier à 0,5 % de carbone, a une saillie de 3^{cm} pour loger le boudin de la roue; la jante de celle-ci porte sur un méplat de 5^{cm},8 de large, dont les deux tiers sont profilés de manière à s'adapter à la conicité des roues. Les joints sont soudés avec un mélange de 25 % riblons, 25 % fonte douce et 50 % fonte dure siliceuse; les rails sont ainsi noyés dans une masse de fonte dont la section est sept à huit fois supérieure à la leur, et qui présente toute la résistance mécanique nécessaire. Une connexion électrique, le *Chicago bond,* y est ajoutée; elle est peut-être inutile.

L'auteur signale l'importance d'un bon entretien; il a trouvé sur des voies défectueuses, un effort de la traction de 6^{kg} par tonne, en sus de l'effort normal; cette section défectueuse avait un trafic de 72 millions de tonnes-kilomètres; d'où un excès de dépense de 1 200000 kilowatts-heure ou 170,000^{fr} par an, soit une dépense de 300000^{fr}. Il conseille de faire passer sur les voies une voiture dynamométrique, munie en même temps d'enregistreurs pour les variations de largeur et les dénivellations.

Lampes à incandescence. — M. W. Preece a fait connaître à la dernière réunion de la *British Association,* à Liverpool, le résultat d'essais poursuivis pendant plusieurs années sur les lampes à incandescence; il a donné de très nombreuses courbes indiquant les variations de pouvoir éclairant et de puissance consommée avec le temps, courbes dont les allures sont trop différentes suivant le nom du fabricant, pour donner lieu à un résumé; quelques lampes ont un pouvoir éclairant croissant pendant les quatre cents premières heures. Il conclut de ces essais qu'une bonne lampe de seize *candles* à 3,75 watts par *candle,* doit résister à une hausse de voltage atteignant 210 volts, faite graduellement en trois minutes et demie, ou bien elle doit, après avoir été portée en deux minutes et demie à 170 volts et retour au voltage normal, avoir un pouvoir éclairant de 14,4 à 17,6 *candles,* sans consommer plus de 4 watts. Ces conditions, vérifiées sur trente lampes, pour une fourniture de mille à trois mille, seront im-

posées dans les cahiers des charges du *Post-Office*. Malheureusement la *candle* n'est pas définie, plus que les conditions précises d'orientation de la lampe pendant les essais. M. Preece n'est pas favorable aux lampes à faible consommation; celle-ci s'accroît rapidement avec le temps et, après trois ou quatre cents heures, n'a plus le pouvoir éclairant nécessaire. Aucun renseignement n'est fourni sur le prix de la lampe ni sur le coût de l'énergie au *Post-Office*.

Haute fréquence. — M. Mckissick donne les renseignements ci-dessous sur la construction économique d'appareils à haute fréquence. Premier transformateur: c'est un tube de fer de 5^{cm} de diamètre, 40^{cm} de long, fendu tout le long d'une génératrice : une fente de $1^{mm},5$ suffit. Il est isolé au papier et à la gomme laque sur une épaisseur de $1^{mm},5$, et enroulé d'une couche de fil, à double guipage de coton, de $1^{mm},83$ de diamètre, puis recouvert de papier et de gomme laque de manière à présenter un diamètre extérieur de $6^{cm},71$. Le secondaire à haute tension, 10 à 15 000 volts, est formé de 10 bobines de fil de $0^{mm},3$, de $2^{cm},9$ d'épaisseur, isolées à la fibre, séparées par du carton de 3^{mm}; leur diamètre extérieur, avant d'être garnies de ruban et laquées, est de 15^{cm}. Le tube de fer est rempli de fils de fer de $1^{mm},3$ de diamètre.

Le condensateur est fait avec du verre à vitre ordinaire; sur une feuille de $25^{cm} \times 30^{cm}$, on fixe à la gomme laque une feuille d'étain de $20^{cm} \times 25^{cm}$, prolongée vers un des coins par une bande de 5^{cm} que doit dépasser le verre et est placée alternativement à droite et à gauche; en montant le condensateur, on doit intercaler une feuille de verre nue entre deux feuilles étamées; chaque armature doit comprendre 15 plaques.

La bobine de haute fréquence se construit au moyen de deux tubes concentriques de carton de 45^{cm} de long; le tube intérieur de 20^{cm} de diamètre porte l'enroulement secondaire, une couche de fil de $0^{mm},3$, qui doit laisser 2^{cm} découverts à chaque bout; le primaire enroulé sur un tube de 30^{cm} de diamètre a 14 tours, de 4 brins de $3^{mm},25$ de diamètre en parallèle. Tous ces fils sont guipés de coton, passés à la gomme laque et cuits; entre deux tours voisins il est bon de placer un ou deux tours de ficelle.

(*American Electrician.*)

Rayons X. — M. Lenard a exposé à la réunion des *Deutschen Naturforscher,* à Francfort, ses idées à propos des rayons cathodiques et des rayons Röntgen. Pour lui les rayons Röntgen sont des rayons cathodiques sur lesquels l'aimant n'exerce qu'une action insensible; en effet, nous connaissons toute une série de rayons cathodiques, différant les uns des autres par leur sensibilité à l'aimant, sensibilité qu'ils conservent sur tout leur parcours, quel que soit le milieu qu'ils traversent, comme les rayons de lumière simple gardent leur couleur. La fluorescence est une exception à cette règle en ce qui concerne la lumière; la découverte de Röntgen montre que

des rayons cathodiques peuvent, dans certains cas, exciter des rayons de sensibilité infiniment moindre.

Des rayons cathodiques de sensibilités diverses peuvent être produits dans les tubes à vide; ce n'est pas la nature du résidu gazeux, mais la force électrique mise en jeu, qui détermine leur sensibilité; leur absorption comme celle des rayons Röntgen est en gros déterminée par la densité des milieux; moins ils sont sensibles à l'action magnétique, moins ils sont absorbés, et moins ils sont diffusés; donc les rayons peu sensibles doivent avoir les propriétés des rayons Röntgen. Les deux espèces de rayons déchargent les corps électrisés et facilitent la précipitation du brouillard, excitent la phosphorescence et les réactions chimiques.

De tout ce qui précède résulte la probabilité d'une transition graduelle entre les rayons cathodiques et les rayons Röntgen, de même que les rayons uraniques de M. Becquerel forment transition entre les rayons ultra-violets et les rayons Röntgen.

Percarbonates. — La Chimie doit à l'Électrolyse la découverte de l'acide persulfurique par M. Berthelot. MM. Constam et Hansen auraient découvert à leur tour l'acide percarbonique, ou plutôt les percarbonates de potassium et de rubidium. Le premier est une poudre bleuâtre qui se rassemble au voisinage de l'anode quand on électrolyse une solution saturée de carbonate à 10°C. au-dessous de zéro; le rendement est meilleur à — 15°; à la température ordinaire l'eau transforme le percarbonate $K^2C^2O^6$ en carbonate et oxygène. Ce sel, assez soluble dans l'alcool, réduit les peroxydes de plomb, argent et manganèse, et agit comme oxydant sur l'indigo, l'iodure de potassium amidonné. L'acide sulfurique étendu et la potasse (à — 2°) produisent de l'eau oxygénée.

Effet Edison. — M. Fleming a étudié l'effet Edison dans une lampe consommant 4 watts par bougie; il a trouvé qu'une plaque métallique, aussi bien à l'intérieur du filament qu'à l'extérieur, prend toujours le potentiel du filament négatif, et que l'espace compris entre la plaque et ce filament a une conductibilité unilatérale, c'est-à-dire qu'une pile de faible voltage peut faire passer un courant de la plaque au filament et non en sens contraire. Si la lampe est forcée, un galvanomètre placé entre le filament positif et la plaque indique un courant.

Si l'on entoure les deux filaments de tubes en platine, on ne peut faire passer de courant d'un tube à l'autre, mais on peut en faire passer du filament positif au tube qui l'entoure. (*Physical Society*, 27 mars 1896.)

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

Allemagne.

Electrotechnische Zeitschrift (1896-1897).

19/11. — Allure des moteurs asynchrones suivant la forme... (*suite*); *G. Roessler.* — Variations de la tension et de la flèche des lignes aériennes avec la température; *H. Schenkel.*

26/11. — Calculs des dynamos à courants continus et alternatifs; *E. Arnold.* — Conjoncteur automatique pour bureaux centraux téléphoniques; *J. West.* — Allure.... *suite*); *A. Roessler.*

3/12. — Installations électriques de Gleiwitz. — Allure.... (*fin*); *A. Roessler.* — Téléphonie en Norwège.

10/12. — Réaction d'induit des alternateurs à fer tournant; *K. von Kando.* — Déformation des courbes de courant par self-induction non symétrique; *H. Eissler* et *M. Reithoffer.*

24/12. — Question des lampes à incandescence; *O. Gusinde.* — Prédétermination du courant à vide des moteurs à champ tournant; *W. Rübler.*

31/12. — Résultats d'expérience sur les lampes à incandescence; *H. Riggert.* — Schémas de protections pour magnétomètres; *H. du Bois.*

7/1. — Installations municipales de Munich; *F. Uppenborn.* — Réglage des tubes Röntgen; *B. Walter.*

14/1. — Calcul des pertes dans le fer des machines dites *d'induction; Behn-Eschenburg.* — Système Circla de contacts superficiels pour tramways. — Appareillage de Siemens et Halske; *Hundhausen.*

21/1. — Mesure des câbles de Munich; *O. Uppenborn.* — Méthode graphique de calcul de la force électromotrice effective; *L. Fleischmann.* — Tramways à courants alternatifs; *R. Arno.*

28/1. — Sur les lampes à incandescence; *S. Bussmann.* — Mesure de la fréquence des courants alternatifs.

4/2. — Représentations mécaniques des phénomènes électriques, et recherches sur la résonance; *C. Heinke.* — Développement actuel de la Téléphonie; *J. West.*

11/2. — Calcul des pertes dans les induits dentés; *M. Breslauer.* — Perfectionnements aux tubes de Röntgen; *A. Berliner.* — Développement... (*fin*).

Angleterre.

The Electrician.

13/11. — Survolteurs pour courants alternatifs; *A. Russell.*

20/11. — Progrès récents dans les essais magnétiques; *Ewing.* — Échanges électriques entre la vapeur électrisée et l'air; *Lord Kelvin, M. Maclean* et *A. Galt.*

27/11.— Théorie électromagnétique; *O. Heaviside.* — Le potentiomètre de Crompton (*fin*); *W. Fischer.*

4/12. — Mesure des températures (par les variations de résistance); *G. Clark.* — Coefficient de température de l'étalon Hibbert.

11/12. — Fibres de quartz; *C. V. Boys.* — Perméabilité magnétique de l'air et de l'oxygène liquides; *A. Fleming* et *J. Dewar.*

18/12. — Théorie électromagnétique; *O. Heaviside.* — Mesure des températures (*suite*); *G. Clark.* — Rails soudés continus; *R. Eyre.*

25/12. — Mesure des températures (*suite*); *M. Clark.* — Emploi de l'électricité dans la Métallurgie et les Arts chimiques; *C. Kershaw.*

1/1. — Déviation des rayons cathodiques dans un champ magnétique; *A. Fleming.* — Variation du Latimer Clark avec la température; *E. Ayrton* et *R. Cooper.*

8/1. — Emploi de l'électricité (*suite*); *C. Kershaw.* — Influence de la pression du gaz ambiant sur la température du cratère; *E. Wilson* et *G. Fitz-Gérald.*

15/1. — Théorie électromagnétique; *O. Heaviside.* — Mesure des températures (*suite*); *M. Clark.*

22/1. — Installations de Malte. — Emploi du courant pour fusion au creuset; *H. Leeds.*

29/1. — Emploi de l'électricité (*suite*); *C. Kershaw.*

Electrical Review.

20/11. — Installation d'éclairage de Leyton (gaz Dowson). — Appareils pour rayons Röntgen.

4/12. — Prix réel de la lumière électrique. — Éclairage de Manchester (cinq fils).

11/12. — Diagrammes de traction (*suite*); *T. Tomlinson.* — Calcul d'une dynamo; *R. Kennedy.* — Essais d'installations; *V. Zingler.* — Automoteurs électriques; *D. Fitz-Gerald.*

18/12. — Localisation des défauts des câbles sous-marins; *H. Cann.* — Essais des installations; *V. Zingler.* — Nouvelle méthode de lecture des déviations galvanométriques; *C. Rice.*

25/12. — Raffinerie de cuivre d'Anaconda. — Validité de l'usage des sinusoïdes dans les questions de courants alternatifs; *G. Rhodes.*

1/1. — Localisation des défauts sur les câbles sous-marins; *R. Jones.*

8/1. — Récepteur à miroir construit pour usage à bord; *R. Jones.* — Théorie mécanique de l'Électricité et de l'action chimique; *A. Withwell.*

15/1. — Théorie mécanique (*suite*); *A. Withwell.*

22/1. — Théorie mécanique (*suite*); *A. Withwell.*

12/2. — Déviation des rayons cathodiques; *J. Barr* et *C. Phillips.* — Inducteur alternateur Mordey. — L'électricité dans les Arts chimiques et la Métallurgie; *J. Kershaw.* — Fabrication des disques d'armature.

Autriche.

Zeitschrift für Electrotechnik.

1/12. — Résistance d'armature des petits moteurs en dérivation; *R. Heller.*

15/12. — Procédés Kellner pour production d'alcalis et de décolorants. — Parafoudres pour appareils électriques; *E. Polaschek.* — Station centrale de Prague.

1/1. — Développement historique de l'Électrotechnique; *J. Kareis.* — Commutateur du Bureau central de Bonn; *C. Biegler.*

15/1. — Développement... (*fin*). — Emploi de l'électrolyse pour le blanchiment et la fabrication des alcalis, procédés Kellner. — Nouveau télégraphe imprimeur, système Hoffmann. — Appareil pour la mesure de la fréquence; *G. Meyer.*

1/2. — Machine pour système à trois fils; *A. v. Ettinghausen.*

AMÉRIQUE.

Electrical Engineer.

12/11. — Interrupteur pour rayons Röntgen; *W. Stine.* — Étude du spectre de la lumière réfléchie; *W. Birchmore.* — Ruptures mystérieuses des isolants; *E. Thomson.* — L'électricité dans la marine; *A. Fiske.* — Essai des isolateurs; *N. Hopkins.*

18/11. — Observations sur les rayons Röntgen; *E.-A. Edison.* — Notes sur les rayons Röntgen; *E. Thomson.* — L'électricité dans la marine; *A. Fiske.*

25/11. — De l'isolement; *W. Stine.* — Les rayons Röntgen agissent fortement sur les tissus; *E. Thomson.* — L'électricité dans la marine; *A. Fiske.* — Comparaison entre l'électricité et l'air comprimé; résultats observés dans une mine; *L. Searing.*

2/12. — Installations électriques de Genève; *J. Petavel.* — Étude du spectre de la lumière réfléchie; *W. Birchmore.* — L'électricité dans la marine; *A. Fiske.* — Nouvelles installations du Niagara; *O. Dunlop.*

9/12. — L'électricité dans la marine; *A. Fiske.*

6/1. — Revue des progrès de l'industrie électrique depuis quinze ans.

13/1. — L'électricité à bord; *A. Fiske.* — Dynagraphe de Bowen.

20/1. — L'électricité à bord; *A. Fiske.*

27/1. — L'électricité à bord; *A. Fiske.* — Lampes à incandescence; *F. Terry.* — Appareils de sécurité pour transformateurs; *H. Wirt.*

16/12. — Réglage de la vitesse des moteurs; *W. Anthony.* — L'électricité à bord; *A. Fiske.*

23/12. — Système de distribution Churchward avec compensateurs. — Mouvements curieux dans un tube de Crookes; *W. Peckham.*

30/12. — L'électricité à bord; *A. Fiske.*

Electrical Review.

2/12. — Sur les rayons de Röntgen; *N. Tesla.*

9/12. — Rapport à la Commission des tramways de Brooklyn; *J. Barrett.*

27/1. — Discours à l'inauguration de la transmission de Buffalo; *N. Tesla.*

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

Annuaire de l'Observatoire municipal de Montsouris pour l'année 1897. *Analyses et Travaux* de 1895. 1 vol. in-18. Paris, Gauthier-Villars et fils. (*Don des Éditeurs.*)

Codes et lois pour la France, l'Algérie et les colonies, par M. Adrien Carpentier. 1 vol. grand in-8°. Paris, Librairie générale de Jurisprudence, Marchal et Billard, 1897. (*Don de M. J. Carpentier.*)

Étude sur les rendements comparés de l'électricité et de l'air comprimé pour la traction mécanique des tramways, par M. E. Badois (Extrait des *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France*). Paris, Imprimerie Chaix, 1895. (*Don de l'Auteur.*)

Traction électrique à contacts au niveau du sol (système Claret-Vuilleumier). 1 broch. grand in-8°. Paris, Société Claret et Vuilleumier. (*Don des Auteurs.*)

Guide pour le soufflage du verre, par M. le Dr H. Ebert, traduit par M. P. Lugol. 1 vol. in-18 jésus. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1897. (*Don des Éditeurs.*)

Traité élémentaire d'Électricité, par M. J. Joubert. (*Don de M. Joubert.*)

Collection de Mémoires relatifs à la Physique publiés, par la Société française de Physique :

Tome I. — *Mémoires de Coulomb.*
Tome II. — *Mémoires sur l'Électrodynamique* (première Partie).
Tome III. — *Id.* (seconde Partie).
Tome IV. — *Mémoires sur le pendule.*
(*Don de M. Joubert.*)

École supérieure d'Électricité.

Dans sa réunion du 30 décembre 1896, le Comité d'administration de la Société internationale des Électriciens a élu Membres du Conseil de perfectionnement de l'École supérieure d'Électricité :

MM. J. Pollard, Ingénieur de la Marine.
A. Potier, Membre de l'Institut;
F. de Romilly, ancien Président de la Société de Physique;

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 3 mars 1897 [1].

PRÉSIDENCE DE M. G. SCIAMA.

La séance est ouverte à $8^h 35^m$ soir.

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

M. le PRÉSIDENT. — « Messieurs, depuis notre dernière réunion deux de nos plus éminents Collègues ont été élus Membres de l'Académie des Sciences : M. le général Sebert, notre ancien Président, et M. Violle un de nos Vice-Présidents actuels. L'honneur si

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

mérité qui consacre leurs beaux travaux rejaillit sur notre Société tout entière. Je suis donc doublement heureux de pouvoir, dans la circonstance, me faire l'interprète de vos bien cordiales félicitations. (*Vifs applaudissements.*)

Les demandes d'admission suivantes sont soumises à la Réunion :

MM.

Blondin (J.), Professeur au Collège Rollin, Directeur scientifique du journal *l'Éclairage électrique,* 171, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris. — Présenté par MM. H. Pellat et A. Hillairet.

Brachotte (Arsène-Victor), Ingénieur à la *Maison Hillairet-Huguet,* 2, rue Provôt, à Paris. — Présenté par MM. Albert Huguet et A. Hillairet.

Cabirau, Administrateur de la *Compagnie française de charbons pour l'Électricité,* 53, rue de Châteaudun, à Paris. — Présenté par MM. G. Sciama et A. Hillairet.

Girard (Constant-Louis), Ingénieur à la *Compagnie Électro-Mécanique,* 5, boulevard Henri IV, à Paris. — Présenté par MM. P. Boucherot et H. Chaussenot.

Marks (Louis-B.), Chief Electrician *the Electric Arc Light Company,* 687-689, Broadway, à New-York (U. A. S.). — Présenté par MM. A. Hillairet et X. Gosselin.

Meyer-May (Albert), Ingénieur de la *Société industrielle des Téléphones,* 54, rue de Prony, à Paris. — Présenté par MM. E. Bernheim et G. Sciama.

Rhoné (Jean-Léon), Ingénieur au Service électrique de la *Compagnie de Fives-Lille,* 10, rue du Pré-aux-Clercs, à Paris. — Présenté par MM. E. Mascart et D. Korda.

Ziffer (Emanuel-A.), Ingénieur civil autorisé par le Gouvernement autrichien, Président de la Chambre des Ingénieurs civils, Président du Conseil d'Administration de la *Compagnie des Chemins de fer Lemberg-Czernowitz-Jassy, etc.;* Giselastrasse, 9, à Vienne I (Autriche). — Présenté par MM. A. Hillairet et J. Laffargue.

sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts (*voir* p. 224) et des dons suivants :

MM.

Legrand............. Statistique de l'Industrie minérale et des Appareils à vapeur.

Société Tudor....... Réparation et recharge de la batterie d'accumulateurs.

Des remercîments sont adressés aux donateurs.

Conformément à l'article 14 du Règlement intérieur, M. le Président communique à la Réunion les noms des candidats proposés par le Comité d'administration au choix de la Société, en vue du renouvellement partiel des Membres du Bureau et du Comité, savoir :

PRÉSIDENT
pour l'exercice 1898-1899 :

MM.
Picou (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures.

VICE-PRÉSIDENTS :

Hillairet (A.), Ingénieur constructeur.
Pollard (Jules), Ingénieur de la Marine.

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL :

Gosselin (X.), Chef des travaux électriques à l'École Centrale des Arts et Manufactures.

SECRÉTAIRES :

Aliamet (Maurice), Chef du Laboratoire électrotechnique au chemin de fer du Nord.
Brunswick (E.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du Service électrique de la *Maison Breguet.*
Loppé (F.), Ingénieur des Arts et Manufactures.

MEMBRES :

Arnoux (R.), Ingénieur constructeur.
Bernheim (Ed.), Ingénieur des Arts et Manufactures.
Bochet (A.), Chef du Service des Installations d'éclairage électrique à la *Maison Sautter-Harlé et Cie.*
Bonfante (F.), Ingénieur électricien.
Bonneau (H.), Sous-Chef d'Exploitation à la *Compagnie des chemins de fer P.-L.-M.*
Bovet (A. **de**), Directeur de la *Compagnie du Touage de la Basse-Seine et de l'Oise.*
Branly (Ed.), Docteur ès Sciences.
Claude (G.), attaché à l'usine des Halles.
Clérac (H.), Directeur-Ingénieur des Télégraphes.
Darcq (E.), Inspecteur général des Postes et des Télégraphes.
Javaux (E.), Directeur des ateliers de la *Société Gramme.*
Leblanc (Maurice).
Le Chatelier, Ingénieur en chef des Mines.
Pellissier (Georges).
Rechniewski (W.), Ingénieur.
Sartiaux (Eugène), Chef des services électriques de la Compagnie des chemins de fer du Nord.
Vuilleumier (C.), Ingénieur électricien.
Walckenaer (Ch.), Ingénieur des Mines.

COMMISSION DES COMPTES POUR 1896 :

Armengaud jeune, Ingénieur civil.
Berthon (A.), Administrateur de la *Société industrielle des Téléphones.*
Masson (G.), Éditeur.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

LES ACCUMULATEURS A CHARGE RAPIDE.

M. Blanchon. — « L'accumulateur Tudor, fabriqué et vendu en France depuis plus de deux années, n'est plus l'accumulateur Tudor classique décrit et commenté dans nombre d'Ouvrages et qui consistait en un produit mixte tenant le milieu entre l'accumulateur à formation autogène et l'accumulateur à formation hétérogène, entre le Planté pur et le Faure, et dans lequel les oxydes Faure détruits étaient remplacés peu à peu par la formation Planté sous-jacente.

» Ce procédé a été abandonné depuis près de deux ans en France; c'est-à-dire depuis que M. Tudor a découvert le procédé permettant d'obtenir rapidement une formation Planté suffisante. L'électrode positive Tudor actuelle est donc une plaque de plomb chimiquement pur, d'une surface développée considérable, recouverte en peu de semaines d'une couche Planté suffisante pour éviter l'emploi d'oxydes artificiels.

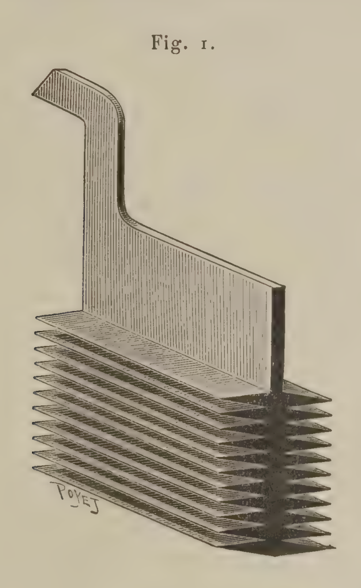
» L'électrode négative est restée, en apparence, ce qu'elle était autrefois, c'est-à-dire une électrode genre Faure, mais un examen approfondi révèle une différence très sensible dans la texture spongieuse et grenue de la matière active augmentant considérablement la surface présentée à l'action électrolytique. Elle peut être, dès lors, employée impunément pour tous les régimes de charge et de décharge.

» L'accumulateur Tudor actuel, constitué avec ces éléments, n'est pas d'ailleurs une nouveauté, puisqu'il y a (en France seulement) près de mille batteries montées par ce procédé dans le courant des deux dernières années.

» Avant d'entrer dans le détail et les descriptions, nous désirons exposer que c'est à la suite des inconvénients révélés par l'ancienne fabrication, tels que déformations et chutes d'oxydes provoquées par des sulfatations accidentelles et surtout par les décharges trop violentes, que nous avons été amenés à étudier puis à appliquer le dispositif d'électrodes à grandes surfaces, à formation Planté, qui permettent les débits très grands avec des capacités comparables à celles des types Faure et ceci sous un poids relativement restreint.

» La plaque positive actuelle (*fig.* 1) se compose d'une âme en plomb, constituée par une plaque plus ou moins épaisse suivant les dimensions de l'électrode et le courant qui doit la parcourir; cette plaque est destinée à servir de collecteur au courant produit à la surface des prismes à base triangulaire que l'on voit accolés par une de leurs faces sur la plaque mère. L'aspect de l'ensemble présente,

Fig. 1.



extrêmement développé, celui des radiateurs de chauffage, et la plaque définitivement constituée est hérissée d'ailettes distantes dans certains cas de moins de 1^{mm}, de sorte que la surface développée de l'électrode atteint et dépasse même, dans certains cas, le décuple de la surface apparente.

» Une telle électrode, plongée au sein d'une électrolyte, aura une résistance électrique absolument minime et présentera à l'action du courant, soit à la charge, soit à la décharge, une surface active décuple : d'où la possibilité d'utiliser la formation Planté en couches extrêmement minces, par conséquent rapides à produire à la fabrication.

» Ces formations peu profondes (elles atteignent au maximum $\frac{1}{10}$ de millimètre) sont en contact immédiat, d'une part avec l'électrolyte, d'autre part avec une masse de plomb considérable : d'où la possibilité d'utiliser ces électrodes avec les *densités de courant usuelles*, sans aucun danger; mais, comme notre surface active est

décuplée, le courant absorbé ou recueilli pendant le même temps pourra être le décuple de celui recueilli dans une électrode à surface lisse de même surface apparente.

» Dans la pratique, nous sommes très loin d'atteindre les densités limites adoptées même pour les électrodes de fabrication hétérogène, de sorte que le travail chimique qui s'opère à la surface des électrodes s'effectue très lentement, à la charge comme à la décharge, et surtout avec une régularité exceptionnelle qui nous permet d'obtenir des cristallisations très belles, indice de la parfaite cohésion des cristaux à la surface de l'électrode.

» Ces couches sont de plus merveilleusement adhérentes et aucune fraction ne s'en détache jamais pour choir entre les plaques causant un court-circuit entre les électrodes.

» Le foisonnement, tant et si justement craint par les fabricants d'accumulateurs, ne se produit plus et les plaques une fois formées ne subissent jamais la plus petite déformation, quelle que soit l'intensité du courant qui les parcourt.

» Enfin, étant donnée la grande surface offerte directement aux actions chimiques, la polarisation se trouve entièrement supprimée et l'intensité du courant de charge a un effet utile directement proportionnel à lui-même.

» Étant donnée la constitution de l'électrode que nous venons de décrire, nous pouvons signaler que dans notre plaque la surface active présentée par kilogramme d'électrode est de 20^{dmq} en moyenne et atteint dans quelques modèles spéciaux 25^{dmq} et 27^{dmq}, tandis que dans les éléments des meilleurs constructeurs d'accumulateurs à formation hétérogène, elle varie entre 3^{dmq} et 5^{dmq} par kilogramme d'électrode.

» Enfin, la capacité utilisable atteint, au régime très faible de 1 ampère par kilogramme d'électrode, un chiffre de 6 ampères-heure et demi à 8 ampères-heure dans certains modèles et cela sans descendre au-dessous de 3 ampères-heure et demi à 4 ampères-heure pour des régimes atteignant 5 ampères et 6 ampères par kilogramme d'électrodes positives et négatives.

» Si nous rapprochons ces chiffres de ceux obtenus par les accumulateurs de formation hétérogène, nous voyons que les meilleurs promettent et tiennent 8 à 10 ampères-heure par kilogramme au

régime de $\frac{1}{2}$ ampère par kilogramme d'électrode, 6 à 8 ampères-heure par kilogramme au régime de 1 ampère par kilogramme d'électrode, pour tomber à 3 ampères-heure par kilogramme au régime de 2 ampères par kilogramme sans pouvoir aller au delà au point de vue pratique, c'est-à-dire sans usure anormale.

» Par l'examen sommaire de ces chiffres, nous reconnaissons facilement que, si les accumulateurs genre Faure ont une plus grande capacité que ceux du genre Planté, à poids égal, dans les faibles débits et les grandes capacités, ils sont même à poids égal pour les grands débits, et, par suite, les faibles capacités, dans un état d'infériorité absolument marqué.

» Beaucoup de fabricants d'accumulateurs à oxydes rapportés n'acceptent pas industriellement, à juste raison, les décharges au-dessous de trois heures.

» Quant à la valeur industrielle, il est absolument hors de doute qu'un accumulateur du genre de celui qui vient d'être décrit résistera à tous les assauts, tant matériels qu'électriques, qui lui seront demandés, et cela beaucoup plus facilement qu'un accumulateur à formation Faure, de fabrication si soignée et si étudiée soit-il.

» En effet, à la décharge en une demi-heure, la densité du courant n'atteint pas 1 ampère par décimètre carré de surface exposée à l'électrolyte, alors que les meilleurs accumulateurs à formation hétérogène dépassent déjà cette densité de courant à la décharge en trois heures et font plus que la tripler dès qu'ils affrontent la décharge en une heure.

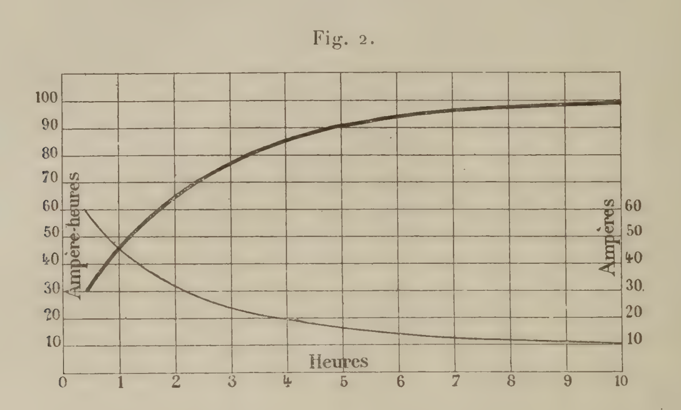
» Ces chiffres se passent de commentaires et font facilement comprendre pourquoi depuis quelque temps déjà on semble avoir abandonné l'accumulateur genre Faure pour en revenir à l'accumulateur genre Planté.

» Constatons un fait en passant : c'est qu'il est pour le moins bizarre que ce renouveau ait coïncidé comme date avec l'époque où les brevets Faure sont tombés dans le domaine public.

» Examinons maintenant la courbe figurée (*fig.* 2) ici ; elle représente la capacité d'un accumulateur industriellement établie en fonction du temps de la décharge ; nous voyons que cette courbe, partant d'un maximum pour la décharge en dix heures, décroît très peu jusqu'à la décharge en cinq heures pour, à partir de ce mo-

ment, tomber assez rapidement et arriver à ne plus faire figurer à la décharge, en deux heures, que 65 pour 100 de la capacité totale, en une heure environ 45 pour 100 de cette même capacité, et enfin tombe à 30 pour 100 en une demi-heure.

Fig. 2.



» La courbe tracée en traits fins figure, à la même échelle, les débits moyens en ampères correspondant à chacun des points de la courbe des capacités.

» Ces deux courbes sont la conséquence l'une de l'autre et sont liées en tous leurs points d'une manière presque invariable, car à telle capacité maxima correspond un débit moyen qui est le chiffre correspondant sur la ligne verticale qui les unit; de même qu'à un débit maximum moyen donné correspond une capacité utilisable, donnée par le chiffre correspondant de la courbe des ampères-heure placée sur la même verticale.

» Ces courbes, qui ont été établies pour des éléments Tudor de nouvelle fabrication, sont des courbes pratiques, et si elles étaient établies pour un élément à formation hétérogène (en tenant compte que les électrodes ne devraient pas plus s'user aux régimes de une heure et deux heures qu'au régime de dix heures), la courbe des capacités qui serait obtenue serait beaucoup plus inclinée sur l'axe des x, et la capacité en deux heures et une heure n'atteindrait en réalité que de 40 à 30 pour 100 de la capacité en dix heures et serait même insignifiante, ou à peu près, en une demi-heure.

» Tous les fabricants d'accumulateurs qui se sont occupés de traction jusqu'à ce jour ont été hantés par ce but à atteindre :

» Avoir une batterie extra-légère, ayant une très grande capa-

cité, permettant de faire parcourir à la voiture le maximum de chemin.

» D'autre part, tout électricien s'étant occupé de traction électrique n'ignore pas que les efforts à produire sont extrêmement variables et atteignent souvent des nombres de chevaux absolument fantastiques : d'où la nécessité, pour une batterie motrice, de débiter des courants maximum extrêmement importants. Donc légèreté, grande capacité, grands débits.

» Il faut avouer que ces trois conditions sont absolument incompatibles dans l'état actuel de l'industrie des accumulateurs. (Je parle, bien entendu, industriellement et non pas dans le cas d'une expérience unique et momentanée dans laquelle l'usure ou la destruction de la batterie ne peuvent entrer en ligne de compte.)

» Il faut donc sacrifier tout au moins une et peut-être une partie de deux qualités pour arriver à une solution industrielle.

» Avec nos produits, nous sommes amenés naturellement à sacrifier une partie des deux premières qualités : légèreté et grande capacité; nous construisons donc des éléments relativement légers ayant une capacité moyenne, très robustes et pouvant, par suite, débiter sans nuire à la capacité utilisable, momentanément et sans danger, des courants très intenses.

» Le parcours d'une voiture, d'un tramway étant toujours limité de même que le poids maximum à traîner ou à remorquer, ainsi que la vitesse de parcours, nous en déduisons le travail total à emmagasiner dans la batterie; nous majorons la capacité qui en découle d'une quantité destinée à parer à toute éventualité telle que variations d'adhérence ou incidents de parcours, et nous logeons dans la voiture, à poste fixe, une batterie de la capacité arrêtée, sachant que, dans les cas les plus défavorables, nous n'utiliserons qu'une fraction (les deux tiers par exemple) de la capacité totale utilisable dans les conditions de débit nécessitées par le profil de la ligne et les exigences de l'exploitation.

» Ne pensez-vous pas que, dans ces conditions, nous remplissions toutes les conditions techniques nécessaires pour assurer un bon service aussi régulièrement qu'à l'aide du trolley ou de tout autre procédé.

» Il reste une question à résoudre, celle de la charge de la batte-

rie; nous avons vu tout à l'heure que la batterie était installée à poste fixe dans la voiture; ceci a un multiple but : d'abord éviter des manipulations coûteuses, dangereuses, ainsi que des parcours inutiles pour aller chercher ou reporter les accumulateurs; enfin, nous atténuons ainsi les détériorations qui sont inévitablement accélérées par des manœuvres fréquemment répétées.

» Nous chargeons donc dans les tramways, à leur tête de ligne, à l'aide de feeders amenant le courant depuis les usines centrales, pendant le temps le plus court possible, et ce temps peut ne jamais excéder vingt minutes et descendre souvent à quinze et même douze minutes, suivant la consommation d'électricité du précédent voyage.

» C'est ce qui constitue l'accumulateur à charge rapide. A ce propos, je me permettrai de vous faire remarquer que ceci n'a rien de nouveau et je vous demande la permission de vous lire deux extraits qui vont vous convaincre.

» Dans la séance du mois de février 1891 de la Société internationale des Électriciens, M. Picou disait, en parlant d'un nouvel accumulateur : « Ces résultats favorables sont dus à la facile pénétration de l'action chimique due au développement des surfaces » par rapport au volume. Quant au régime de charge, je ne saurais » indiquer un chiffre en ampères, contrairement à l'usage généralement établi. Je crois qu'une indication de ce genre est une » erreur de principe. En effet, rien n'indique la fin d'une charge, » sauf différents indices qu'il faut penser à vérifier et, à moins de » l'emploi d'un indicateur de charge, appareil encore peu répandu. » Or, si l'on surcharge un accumulateur, il est facile de comprendre qu'on arrive à le détériorer bien vite. Que se passe-t-il » lorsque la matière active est totalement transformée? Évidemment » l'eau est électrolysée et les gaz se dégagent abondamment; c'est » même l'un des signes auxquels on se fie le plus souvent comme » indication de fin de charge. Les gaz prennent naissance au contact » du plomb formant électrode. S'ils n'attaquent pas ce plomb, ils » constituent tout au moins une sorte de levier qui s'introduit entre » l'électrode et la matière active et tend à les séparer l'une de » l'autre. C'est là un effet destructeur qu'il importe d'éviter.

» Je crois qu'on y peut parvenir à peu près sûrement en adoptant

» une autre formule pour la charge, qui consiste simplement à
» charger, non plus à *courant* constant, mais bien à *voltage* constant.

» Je ne veux pas exagérer la généralité de cette méthode et je
» serais heureux de connaître, à ce sujet, l'opinion de quelque col-
» lègue plus expérimenté que moi; mais je crois que c'est la manière
» à la fois la plus rapide et la plus sûre d'effectuer la charge.

» Supposons qu'on maintienne, aux bornes de la batterie en
» charge, un voltage égal à 2 volts ou 2,3 volts par élément. Si la bat-
» terie est complètement déchargée, il passera d'abord un courant
» assez intense; mais il diminue peu à peu et s'affaiblit à mesure
» que la batterie approche de son plein. Si l'on continuait indéfini-
» ment, le courant finirait par devenir à peu près nul, et il serait
» impossible de surcharger.

» Peut-être à la fin conviendrait-il de forcer le voltage jusqu'à
» 2,4 volts par élément, limite à laquelle la pratique a appris qu'il
» fallait s'arrêter. On âccélérerait ainsi la fin de la charge. »

« Le même jour, M. Hospitalier disait également :

« Je suis heureux de pouvoir appuyer les remarques de M. Picou,
» relativement au mode de charge des accumulateurs sous potentiel
» constant.

» Il résulte d'expériences faites à l'École de Physique et de Chimie
» industrielles de la Ville de Paris, sur des accumulateurs Gadot,
» que la charge à potentiel constant présente, sur la méthode
» usuelle du courant constant, des avantages considérables. Elle
» évite le dégagement exagéré des gaz et, par suite, la perte d'éner-
» gie qui en résulte; elle diminue la durée de la charge et donne la
» certitude de ne pas surcharger. Enfin, elle demande moins de
» surveillance.

» Le rendement en quantité, c'est-à-dire le rapport entre les
» ampères-heure de décharge et de charge, reste naturellement le
» même. Il en est de même du rendement en énergie, à la condition
» que, dans les deux cas, on arrête à temps la charge lorsqu'on
» l'effectue sous courant constant.

» Mais la rapidité de charge est beaucoup plus grande. Ainsi, en
» chargeant les accumulateurs en question sous 2,3 volts maintenus
» constants, on a emmagasiné, sans qu'il se soit produit le moindre
» dégagement de gaz :

Après la première heure	....	0,50 de la charge totale	
» deuxième heure	....	0,75	»
» troisième heure	....	0,83	»

» Un autre avantage très appréciable est que le voltage maximum » nécessaire que doit développer la dynamo est notablement abaissé. » Pour 52 éléments en tension, par exemple, il suffira à potentiel » constant de 120 volts au lieu de 135 volts qui seraient nécessaires » à courant constant. »

» Commentant cet article, le journal *l'Électricien* du 1er août 1891 publiait sous la signature de M. Aliamet les résultats d'essais faits sur 6 éléments chargés à potentiel constant et qui, au bout d'une heure, avaient recouvré respectivement 51, 50, 52, 51, 49 et 63 pour 100 de leur capacité :

« On peut voir, par ces chiffres, que la durée totale de la charge » n'est guère diminuée. L'intensité, très importante au début (8 à » 10 ampères par kilogramme de plaques) diminue d'une façon con- » stante suivant exactement l'augmentation de la force contre-élec- » tromotrice de la batterie. »

» M. Aliamet ajoutait :

« La grande intensité que l'on absorbe au début de la charge » (8 à 10 ampères par kilogramme de plaques) peut paraître exa- » gérée comparativement aux prescriptions ordinaires (1 à 2 am- » pères par kilogramme). Cette exagération n'a, cependant, rien à » redouter, car, au début de la charge, la matière active présente » toutes ses molécules à la transformation; il n'en est plus de » même à la fin de la charge, où le chiffre de 1 à 2 ampères est, à » ce moment, trop fort.

» Si, au lieu d'envisager la capacité totale d'un accumulateur » qui permet d'emmagasiner un certain nombre d'ampères-heure » au bout d'un temps donné, nous la décomposons en capacités » partielles correspondant à des temps égaux, nous remarquerons » que ces capacités sont loin d'être les mêmes. Leur somme est » bien égale à la capacité totale, mais ces capacités élémentaires » suivent la loi inverse des états d'avancement de la charge.

» La charge à intensité constante est donc irrationnelle, car elle » ne profite pas de l'aptitude variable que les molécules de matière

» active présentent à la transformation. Cette aptitude, plus grande
» au début qu'à la fin de la charge, justifie pleinement l'emploi du
» potentiel constant.

» Dans cette dernière méthode, l'indice de la fin de la charge est
» très net. L'intensité du courant diminue et devient nulle lorsque
» la force contre-électromotrice correspond à 2,3 volts par élément.
» A ce moment, on peut l'élever à 2,4 volts et l'arrêter dès que
» l'intensité redevient sensiblement zéro. Lorsque, au contraire,
» on charge à intensité constante, l'incertitude est très grande et
» l'on est obligé de s'en rapporter à des renseignements peu com-
» parables et variables avec le débit adopté, et forcément on sur-
» charge la batterie. »

» Eh bien, Messieurs, la charge rapide n'est autre que la charge à potentiel constant appliquée aux accumulateurs Planté à grande surface d'électrodes : l'accumulateur Tudor actuel.

» Si vous voulez bien, en effet, vous reporter à ce que je disais au commencement de cette Communication, je vous signalais sur la courbe de capacité de l'accumulateur Tudor que, en une heure, cet accumulateur avait encore 45 pour 100 de la capacité en dix heures et qu'en deux heures il avait encore 65 pour 100.

» Supposons, d'autre part, que le parcours d'un tramway s'effectue en une heure et demie entre deux points de chargement; la capacité qu'il pourra utiliser sera d'environ 55 pour 100 (moyenne entre 45 et 65).

» Nous avons dit précédemment aussi que nous n'utilisions pas toute la capacité de l'accumulateur de manière à parer à toute éventualité. Admettons cette réserve de 25 pour 100 de la capacité totale, nous aurons donc à récupérer en bout de lignes 35 pour 100. Majoré du rendement en quantité, ce chiffre devient 38,5 pour 100.

» Vous avez vu que, en 1891, à l'aide de la charge à potentiel constant, on redonnait dans la première heure de charge, à des éléments de formation hétérogène ayant une surface de quelques décimètres carrés par kilogramme d'électrode, environ 50 pour 100 de leur capacité totale; ne pensez-vous pas que, en 1897, avec des accumulateurs ayant une surface d'électrodes dix fois plus grande au kilogramme, on ne puisse pas restituer 38 pour 100 de la capacité en un temps trois fois moins long; assurément oui, car même

dans ce cas la densité de courant par unité de surface sera encore en moyenne bien moins forte qu'en 1891.

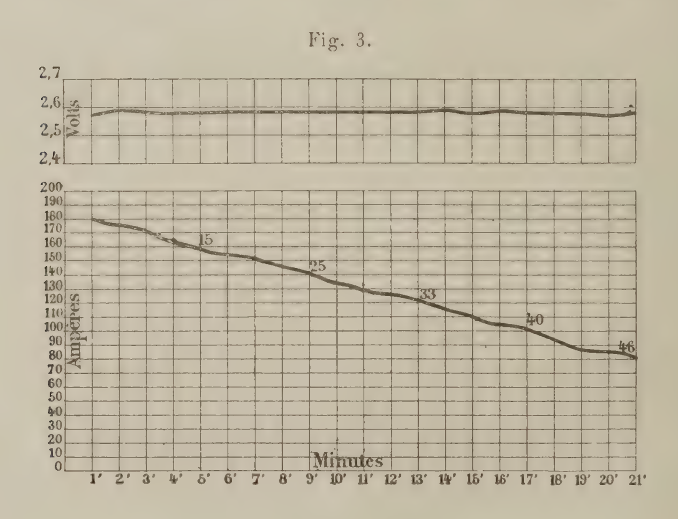
» En effet, en 1891, l'*Électricien* nous révèle que dans les essais, au début de la charge, on atteignait 8 à 10 ampères par kilogramme d'électrodes, soit par quelques décimètres carrés de surface développée, alors qu'en effectuant la charge à potentiel constant sur des éléments Tudor à grande surface, nous n'atteignons au début que 11 à 12 ampères par kilogramme d'électrodes, mais pour 20 à 24^{dmq} de surface.

» C'est d'ailleurs cette différence qui explique pourquoi cette charge, préconisée dès 1891, n'a pas prévalu : c'est parce que les éléments sur lesquels on a essayé ces régimes n'ont pas supporté ces traitements violents, les masses actives étant promptement mises hors service.

» Maintenant que ces procédés sont employables grâce aux bonnes qualités de l'accumulateur Tudor, nous pouvons envisager la question de la traction par accumulateurs comme possible et comme extrêmement pratique.

» Voici les courbes (*fig.* 3) se rapportant à la charge rapide d'un

Fig. 3.



élément analogue à ceux placés sur les lignes de Puteaux. Vous y voyez que la ligne des volts se maintient sensiblement constante entre 2,5 volts et 2,6 volts et que la courbe des ampères, partant aux environs de 180 ampères, baisse régulièrement pour atteindre en-

viron 110 ampères au bout de quinze minutes, et tomber à 80 à la vingt-unième minute, arrêt de la charge.

» Les chiffres figurant sur la courbe indiquent la capacité récupérée à chaque moment. Elle est de 15 ampères-heure en cinq minutes, de 25 en dix minutes, de 33 en treize minutes, de 40 en dix-sept minutes et de 46 en vingt e tune minutes.

» Cette courbe a été obtenue dans notre laboratoire de Lille sur des éléments d'essai (c'était la 1120e charge que supportaient ces éléments). Cette courbe diffère un peu de celle obtenue dans la pratique parce que, au laboratoire, ces courbes sont obtenues en réglant le voltage à l'aide de résistances hydrauliques, ce qui explique les fluctuations des courbes à partir de la 11e et de la 12e minute.

» De plus, ces éléments, chargés à poste fixe sur un tramway par un feeder spécial, eussent récupéré plus rapidement leur capacité, car la diminution du nombre d'ampères de la charge aurait relevé le voltage aux bornes de l'élément et, en relevant la courbe des volts, relevé également celle des ampères : d'où charge à potentiel un peu plus élevé et récupération totale plus rapide.

» Cette courbe se rapporte à un élément de tramway de notre type 2002 pesant complet, en ordre de marche, 18kg,100 dont la capacité, utilisable en une heure, est de 60 ampères-heure. Nous voyons qu'en vingt et une minutes nous pouvons lui restituer 46 ampères-heure, soit 76 pour 100 de sa capacité, alors qu'en service normal nous comptons n'en utiliser, comme nous l'avons dit précédemment, que les deux tiers environ, soit 40 ampères-heure.

» Par ce qui précède, vous voyez, Messieurs, que l'accumulateur à charge rapide n'est pas un leurre. C'est, comme l'ont déjà défini deux conférenciers qui en ont parlé, un accumulateur perfectionné, relativement lourd, extrêmement robuste, ne craignant pas plus à la charge qu'à la décharge les courants très intenses, parce que ces courants n'ont aucune influence, d'abord sur sa capacité utilisable, ensuite sur son usure.

» C'est aussi, avant toutes choses, un accumulateur étudié pour le service qu'il doit effectuer, et auquel nous n'attribuons pas des qualités qu'il ne peut avoir; nous lui donnons, pour le service qu'il doit faire, la capacité utilisable, et nous ne lui attribuons pas la capacité qu'il pourrait avoir s'il faisait un service tout différent,

comme la décharge en dix heures, par exemple; auquel cas sa capacité pourrait facilement être doublée; en un mot, nous travaillons dans la partie de la courbe de capacité où nous sommes confinés par les exigences de la solution à résoudre.

» C'est cette sagesse, que n'ont pas eue nos prédécesseurs, qui atténuera la défaveur dans laquelle beaucoup d'électriciens tiennent encore les accumulateurs à propos de la traction.

» Maintenant, demandons-nous quels services peut rendre un tel engin dans la question de traction en général.

» Trois solutions se présentent en ce moment :

» Traction directe par accumulateurs;

» Traction mixte par accumulateurs et trolley, ou accumulateurs et contacts à la surface du sol;

» Enfin, accumulateurs à poste fixe débitant parallèlement avec l'usine alimentant, soit le trolley, soit le contact souterrain ou à surface du sol, en un mot batteries, volant ou réservoirs.

» C'est cette dernière solution qui a été la première adoptée et employée industriellement, et M. Korda, notre collègue, nous a fait part, dans la séance du 20 janvier, des résultats que les Sociétés Tudor, de Suisse et d'Allemagne, avaient obtenus depuis 1894 dans diverses stations où l'emploi des accumulateurs s'est imposé comme volant ou régulateur.

» Nous avons également suivi cette voie en France et nous avons actuellement quelques batteries régulatrices placées depuis quelques mois; la première a été mise par les soins de la Société alsacienne de Constructions mécaniques, dans l'usine de Fontainebleau, pour le compte de la Société nouvelle d'Électricité.

» Grâce à l'extrême obligeance de MM. les Administrateurs et Ingénieurs de ces diverses Sociétés, nous avons pu nous livrer à une série d'essais, malheureusement encore incomplets et trop peu fixes pour être publiés.

» Nous avons pu néanmoins constater que la batterie (qui cependant n'était pas prévue tout à fait pour cet usage) ayant été mise simplement en parallèle avec la dynamo, le voltage du réseau (qui subissait des écarts considérables) devenait beaucoup plus constant et que les écarts de voltage, qui atteignaient des chiffres fantastiques, étaient ramenés à 8 pour 100 en plus ou en moins environ.

» Ce chiffre et la courbe qui en résulte sont fort beaux si nous considérons qu'au moment où ils ont été relevés le service se faisait avec trois voitures sur une ligne de quelques kilomètres avec départ tous les quarts d'heure. Sur une telle ligne, les démarrages et les manœuvres des coupleurs ont une influence très grande, qui est marquée par de forts débits excessivement courts, mais très fréquents, et les enregistreurs nous ont révélé que ces brusques débits sont fournis presque exclusivement par la batterie et en moyenne dans la proportion des deux tiers pour la batterie et un tiers pour la machine.

» Cette batterie sert en outre, le soir, pour faire les derniers parcours pour le service de la gare après l'arrêt de l'usine, qui a lieu environ deux heures avant le passage du dernier train.

» Nous effectuons en ce moment quelques modifications que l'expérience nous a révélées et nous pensons que sous peu nous pourrons communiquer des chiffres extrêmement probants.

» Quelques autres batteries sont en montage et nous confirmeront certainement dans l'idée de la nécessité de leur emploi.

» La batterie d'accumulateurs peut aussi ne pas être mise à la station, mais à l'extrémité d'une ligne comme volant de secours, en un point dangereux ou difficile, au voisinage d'une rude montée. Dans ce cas, branchée simplement en parallèle avec le trolley où le contact souterrain, elle ne débitera qu'au moment du passage de la voiture, du fait de la perte en ligne et de l'abaissement de voltage qui en résulte, absorbant pendant le reste du temps une petite partie de l'énergie disponible et constituant en tout temps volant et même réserve au cas d'arrêt momentané de l'usine pour une cause accidentelle.

» Généralisant cette application restreinte, nous étudions en ce moment une ligne très originale sortant un peu du genre tramway.

» Une Compagnie exploitant une ligne assez accidentée (ayant près de 40^{km} de long), établie entre quelques villages ne présentant qu'un trafic restreint, possède une force hydraulique relativement minime au centre à peu près de sa concession.

» Nous établissons le long de la ligne à trolley trois ou quatre sous-stations ayant chacune une batterie d'accumulateurs qui seront

constamment en charge à l'aide d'un courant à haute tension, transformé à chaque sous-station.

» Le rendement définitif, dira-t-on, sera faible certainement, mais s'il permet de faire, avec une force hydraulique extrêmement peu coûteuse et minime, un service de traction assez important, qui, si d'autre part il devait être effectué avec une force motrice à vapeur, coûterait une immobilisation hors de proportions avec les recettes, l'emploi de l'accumulateur n'en demeurera pas moins complètement justifié et normal.

» Le second mode d'emploi des accumulateurs Tudor, qui a été utilisé, a été la traction directe à l'aide des accumulateurs, et tout de suite on a adopté en Allemagne le procédé mixte, accumulateurs et trolley.

» Deux de nos collègues, MM. Maréchal et Korda, vous ont dit précédemment les résultats techniques et les avantages de ce genre de traction mixte qui est merveilleusement simple et qui constitue pour le moment, il faut l'avouer, la solution la plus pratique, aussi bien dans les cas de croisements multiples de concessions que dans celui de voies communes parcourues par plusieurs concessionnaires employant des systèmes divers ou, plus simplement et plus fréquemment, les nombreux croisements.

» Dans une ville comme Paris, pour notre part, nous voyons difficilement comment on résoudrait le problème de l'alimentation de deux ou trois voies parallèles ou se coupant, si seulement trois ou quatre systèmes souterrains ou à fleur du sol devaient emprunter des voies communes.

» L'avenir nous paraît appartenir, dans une grande ville ayant plusieurs concessionnaires, à tel système qui pourra momentanément se passer de liaison avec la station centrale génératrice et, dans une ville telle que Paris, nous ne voyons d'autre solution que l'emploi d'accumulateurs dans la voiture; ces accumulateurs marchant normalement en parallèle avec tel système de canalisation que l'on adoptera et débitant pour assurer la marche autonome de la voiture pendant de certains parcours.

» La solution existe ailleurs, vous en avez tous entendu parler. Nous espérons que les applications se réaliseront sous peu à Paris

et que nous n'attendrons pas, pour leur donner droit de cité, l'incident qui a causé leur naissance en Allemagne. On avait, en effet, fonctionné dans la ville quelque temps avec le trolley, même au centre de la cité, quand, au bout de quelques mois de fonctionnement, l'autorisation du trolley fut retirée pour quelques rues : il fallait néanmoins continuer à assurer le service; c'est alors qu'on songea aux accumulateurs dont les premiers furent installés hâtivement. Les résultats furent bons et le directeur de cette Société déclare aujourd'hui à qui veut le questionner qu'il ne regrette pas cet incident qui lui permet, tout en étant obligé de passer par l'intermédiaire des accumulateurs, de consommer une quantité totale de charbon même un peu inférieure à celle consommée quand le service se faisait à trolley exclusivement.

» Je dédie cette histoire à la Société des Tramways de Rouen à laquelle on vient, paraît-il, de refuser, au bout d'un an de service, le droit de passer dans certaines rues.

» Les grandes objections que l'on fait à ce système sont :

» 1° Le poids mort à traîner;

» 2° Le prix d'entretien des accumulateurs.

» A la première de ces questions je répondrai ceci : 1° ce poids sera en raison directe du poids des voitures à remorquer et pourra certainement ne pas dépasser 1500^{kg} le jour où nous obtiendrons à Paris des voitures légères, principale conséquence de l'exploitation en chapelet.

» Il est absolument certain que 1500^{kg} d'accumulateurs ne pourront pas de si tôt transporter industriellement pendant quelques minutes les mastodontes à 56 voyageurs dont on est en train de doter Paris.

» 2° Nous avons parlé de prix d'entretien des accumulateurs, mais, si ce prix grève légèrement l'exploitation, il ne constitue pas un obstacle au développement du système, puisque nous en prenons l'entretien pour un chiffre à forfait, qui doit être déterminé dans chaque cas, et qu'il n'existe de ce fait aucun aléa à courir pour la société exploitante.

» Quel est-il? Je ne pourrais vous donner un chiffre général, car c'est un chiffre variable avec chaque cas, mais ces quelques centimes de dépenses par kilomètre-voiture sont légèrement compensés par

la régularité qu'assure à l'usine génératrice l'ensemble de toutes les batteries en charge, au même moment sur les fils du trolley.

» Un essai de ce genre est d'ailleurs tenté, en France, par nos soins dans une très grande ville, et, comme il donnera les résultats espérés, nous nous ferons un extrême plaisir de vous les communiquer.

» Il nous reste à examiner la question de la traction exclusive par accumulateurs.

» Ici nous déclarons que nous n'avons nullement la prétention de lutter contre le trolley au point de vue de la simplicité, ni contre quelques autres systèmes éprouvés, mais nous tenons à montrer que, lorsque, pour des raisons esthétiques ou autres, le trolley et quelques systèmes simples sont rejetés, les accumulateurs peuvent assurer la traction sur certaines lignes d'une manière assez économique et sans immobilisation d'un trop fort capital, grâce aux grands perfectionnements récemment apportés dans leur fabrication et à l'emploi de la charge rapide, conséquence de leurs qualités.

» C'est dans ces conditions que fonctionnent les accumulateurs des lignes de Puteaux.

» Chaque voiture de 56 places reçoit 200 éléments de $18^{kg},100$ chacun, soit un poids total de 3620^{kg}. Chacun de ces éléments a les dimensions suivantes :

	cm
Hauteur totale	34
Longueur	23
Largeur	8

» Ces éléments sont logés à poste fixe sous les banquettes, en 4 rangées de 50 éléments, 2 rangées par banquette.

» Ils sont constamment chargés et déchargés en série, sans aucun couplage ; les contrôleurs prennent le courant aux bornes de la batterie et le distribuent aux deux moteurs de la voiture, comme le courant provenant d'un trolley.

» On a été amené à employer un poids de 3,5 tonnes d'accumulateurs par suite de la nécessité de remorquer à la vitesse réglementaire une des anciennes voitures, dont le poids en charge est de 7 tonnes environ.

» Il ne m'appartient pas de vous décrire plus amplement la voiture, ni l'ensemble des installations qui ont été construites par la

Société industrielle des moteurs électriques et à vapeur pour son propre compte; mais un détail, que nous pouvons faire ressortir comme constructeur d'accumulateurs, est le suivant : c'est que le rendement en quantité de ces accumulateurs est celui de tout bon accumulateur installé à poste fixe, et que ce rendement en énergie atteint une moyenne de 5 pour 100 inférieur à celui des accumulateurs à poste fixe, soit 65 à 70 pour 100, et les meilleures preuves que je puisse vous en donner sont les allégations contenues dans les articles sur la charge à potentiel constant, dont je vous ai donné lecture tout à l'heure.

» Pour étudier si le système de traction par accumulateurs est économique, dans tel cas où (nous le répétons) on ne peut employer le trolley, majorez le rendement de votre voiture du rendement des accumulateurs, et diminuez-le du rendement du trolley; le rendement final sera inférieur assez souvent au rendement du trolley direct, mais il ne sera jamais prohibitif.

» Les conditions esthétiques et financières feront adopter alors tel ou tel dispositif.

» Le prix de vente de ces accumulateurs est assez élevé, mais nous nous hâtons de dire que nous ne sommes pas les coupables, et vous serez certainement de notre avis lorsque vous saurez que les bacs en ébonite qui les renferment nous reviennent à 50 pour 100 du prix de vente de l'élément.

» Voilà deux ans que nous guerroyons pour abaisser ces chiffres ou utiliser autre chose, sans arriver à une solution.

» Dès que nous aurons obtenu un résultat favorable dans cette voie, nous aurons fait un grand pas de plus.

» Pour étudier le cas de l'emploi simultané du trolley et de l'accumulateur, nous pouvons nous baser sur ce que l'emploi des accumulateurs n'augmentera pas la consommation de charbon, comme nous vous le citions plus haut (tant que le parcours par accumulateurs seuls ne dépassera pas une certaine limite). Nous devrons donc majorer le prix du kilomètre-voiture de l'entretien des accumulateurs, nous avons dit quelques centimes, et de l'amortissement complémentaire provenant de la différence entre l'achat des accumulateurs et le trolley.

» Le total de ces deux majorations ne peut nullement rendre pro-

hibitif ce système merveilleusement simple et appelé (nous en sommes persuadés) à un très grand développement. »

M. le Président. — « En remerciant M. Blanchon de sa Communication, je me permets de lui indiquer que nous avons tous éprouvé une petite déception. Nous espérions qu'il nous donnerait quelques chiffres résultant des expériences de traction faites sur la ligne de Puteaux : énergie dépensée par kilomètre-voiture, temps pratique de recharge, etc. A défaut de Puteaux, nous nous fussions contentés de renseignements sur l'exploitation de Hanovre. M. Maréchal avait annoncé que les résultats en étaient satisfaisants; il ne doit donc pas être indiscret de demander quelques chiffres.

» Ce qu'il importe de savoir et ce qui précisément fait défaut, ce sont des renseignements d'ordre économique. La traction par accumulateur fonctionne depuis près de cinq ans à Paris dans des conditions tout à fait satisfaisantes comme régularité et célérité de service, et il n'est que juste d'en faire remonter l'honneur aux efforts persévérants de notre Collègue, M. Sarcia. Les résultats économiques seuls ne semblent pas encourageants; c'est donc le seul point d'interrogation aujourd'hui. »

M. Blanchon. — « Nous regrettons que les chiffres de l'exploitation de l'année 1896 n'aient pas encore été publiés, et nous nous ferons un sensible plaisir de les mettre à la disposition de nos Collègues dès que nous les recevrons. »

M. D. Korda. — « Il serait d'autant plus intéressant d'avoir des chiffres exacts sur les résultats obtenus à Hanovre, que les renseignements que j'ai pu me procurer ne concordent aucunement avec les déclarations du Directeur des tramways de Hanovre, dont parlait M. Blanchon et qui prétend que la consommation de charbon a notablement baissé depuis la substitution des accumulateurs au trolley sur le réseau urbain. En effet, tandis qu'à Berlin il faut en moyenne 370 watts par kilomètre-voiture, pour prendre une ville allemande se trouvant dans les mêmes conditions d'exploitation que Hanovre, et à Stuttgard, à cause des fortes rampes, 510 watts, et tandis qu'à Strasbourg, malgré les grandes voitures, on ne dépense

que 470 watts, on arrive à Hanovre, avec de petites voitures et dans un pays tout à fait plat, à 650 watts. Ce chiffre provient évidemment du poids mort supplémentaire dû aux accumulateurs, ainsi que de la différence de rendement. »

M. R. Arnoux rend compte d'une expérience qu'il vient d'exécuter, avec M. Picou, sur un élément d'accumulateur Blot. Le poids des plaques était de $8^{kg},500$; au début, le courant de charge atteignait 320 ampères (37 ampères par kilogramme), et, vers la fin de l'opération, il était tombé à 224 ampères. Dans ces conditions, et après cinq minutes de charge, l'accumulateur avait absorbé $22^{amp},82$. La décharge s'est effectuée à 3 ampères par kilogramme, et l'élément a restitué $20^{amp},4$, avec un rendement en énergie d'environ 60 pour 100.

L'accumulateur n'a, d'ailleurs, nullement souffert de ce régime de charge rapide.

M. Eug. Sartiaux. — « Il est possible que l'accumulateur dont parle M. Arnoux se soit bien comporté au cours d'une charge rapide isolée; mais ce qui serait intéressant au point de vue pratique, c'est de savoir comment cet accumulateur résisterait à une série d'expériences du même genre. »

M. G. Margaine. — « Je me permets de communiquer à la Société quelques résultats intéressants obtenus avec l'accumulateur Blot; ces résultats ont été vérifiés par notre Collègue, M. Picou. Les éléments sur lesquels ont porté les essais sont du type 7, plaques demi-unitaires d'un poids total de $8^{kg},5$.

» M. Arnoux vous a parlé de la charge en cinq minutes dans laquelle on a pu fournir 22,8 ampères-heure et utiliser 20,4 ampères-heure au débit de 3 ampères au kilogramme d'électrodes, avec un rendement en énergie de 0,60 environ.

» La charge en quinze minutes a permis de fournir 34 ampères-heure avec un rendement en énergie de 0,66; la capacité utilisable au kilogramme d'électrodes varie de 4 à 5 ampères-heure. Nous avons pu faire jusqu'ici 600 charges et décharges à ce régime excessif sans constater aucune détérioration des électrodes.

» Dans ces charges très rapides, qui satisfont à certains cas particuliers de la traction dont on nous a parlé, l'utilisation spécifique de l'accumulateur est faible ; aussi était-il intéressant de chercher à obtenir une meilleure utilisation en augmentant le temps de charge dans des limites pratiquement acceptables. Dans ce but, nous avons fait la charge en cinquante minutes et obtenu une capacité utilisable de 7,5 à 8 ampères-heure au kilogramme d'électrodes. »

M. le Président. — « Personne ne demandant plus la parole sur cette question, nous passons à l'ordre du jour. »

SUR LA TRACTION MÉCANIQUE DANS PARIS [1].

(Suite de la discussion.)

M. le Président. — « M. Léon Francq, qui avait été sollicité de prendre la parole aujourd'hui, s'excuse de ne pouvoir assister à la Séance et m'informe qu'il a remis à M. Dieudonné une Note dont il va vous être fait lecture. Je donne, à cet effet, la parole à M. Dieudonné. »

M. L. Francq. — « Messieurs, je remercie votre Société de m'avoir fourni, en décembre dernier, l'occasion d'entendre l'exposé si bien fait par votre distingué Secrétaire général, M. Hillairet, dans le but d'ouvrir une discussion sur la traction mécanique des tramways.

» Inutile de vous dire que la question m'intéresse. C'est peut-être parce que je suis... orfèvre et déjà un vieux routier, que j'ai d'abord hésité à prendre part à la discussion. On est si vite entraîné à vanter ses produits ! Mes occupations et mon état de santé, d'ailleurs, ne me permettaient pas de venir entendre les opinions instructives qui ont été apportées par les précédents orateurs. Je l'ai vivement regretté.

» Mais j'avais compté sans la ténacité et la courtoisie de ce cher collègue, M. Dieudonné, qui me fait l'honneur de m'attribuer des idées générales qui seraient peut-être de nature, dit-il, à être partagées par vous.

» Sans avoir cette prétention, je m'exécute cependant pour vous exposer mes vues, en ce qui concerne les moyens de transport en commun dans Paris et en particulier sur la traction mécanique des tramways.

» La question qui vous occupe ne m'est pas étrangère, en effet; elle a été l'objet de mes études depuis que j'ai collaboré, en 1871, aux premiers projets des tramways parisiens, et que je me suis spécialement consacré en 1874 à la traction mécanique des tramways.

---

[1] Voir *Bulletin mensuel*, nos 133 et 134; décembre 1896 et janvier 1897.

» C'est à ce titre, et aussi en raison de ma collaboration aux projets du Métropolitain, que je cède avec plaisir aux instances aimables qui me sont faites, sûr que je suis du concours de votre bienveillance.

» Je partage, sur beaucoup de points, les idées de la plupart des membres de votre Société, et je reconnais comme eux l'insuffisance des moyens de transport dans Paris. Je suis un partisan très convaincu du développement des lignes de tramways à traction mécanique et du Métropolitain; mais je ne suis pas de ceux qui croient à la supériorité d'un système de traction sur un autre.

» Nous savons tous combien notre commerce et notre industrie souffrent en France, par suite de la concurrence étrangère. Dans notre pays, la Ville de Paris a plus à souffrir encore, par l'élévation du prix du salaire et par le temps perdu, en raison des distances et de la lenteur des transports.

» Ce que nous perdons de ce chef est inestimable.

» Il apparaît donc naturellement que, pour réaliser l'amélioration sociale qu'exige notre état économique, il faut que nos moyens de transport dans Paris soient opérés avec *rapidité* et *économie*. Il faut encore que la capacité du transport puisse offrir, sans augmentation des dépenses de parcours kilométriques, au moins deux places offertes pour une place occupée avec les tramways mécaniques et quatre à cinq places dans le cas du Métropolitain.

» Il va sans dire que les voitures doivent être confortables, hygiéniques, bien éclairées et chauffées, parfaitement suspendues, sans danger et sans odeur.

» La vitesse et la grande capacité du transport s'imposent particulièrement pour les longues distances, et comme entre les divers points de la périphérie et le centre de la capitale, par exemple, on trouve une grande variation, selon l'heure, dans le nombre des voyageurs, il faut admettre une allure commerciale de 30^{km} à l'heure au moins, avec des trains offrant au moins 300 places.

» Seul, le Métropolitain bien conçu peut réaliser ce programme, en laissant aux omnibus et tramways à chevaux, les transports des voyageurs en correspondance à petite distance, et à la vitesse de 8^{km} à 9^{km}, puis aux tramways mécaniques les transports des voyageurs à moyenne distance et à la vitesse de 12^{km} à 14^{km} à l'heure.

» J'estime que la réalisation du Métropolitain avec une exploitation à marche rapide, à places offertes nombreuses, à traction puissante et économique, aura pour effet de développer considérablement le mouvement des voyageurs, et que l'accroissement de ce mouvement apportera une ressource nouvelle de trafic aux entreprises existantes et aux tramways mécaniques qui restent à établir.

» La combinaison du Métropolitain et des tramways mécaniques, même dans l'hypothèse de la conservation des voitures roulant sur terre, automobiles ou non, aura, à mon avis, le grand avantage d'économiser, en moyenne, plus de la moitié du temps perdu par la population parisienne, tout en permettant à celle-ci de trouver de la place à chaque train, de payer moins cher, d'être chauffée, bien éclairée et confortablement installée.

» De pareils avantages détermineront une augmentation énorme du mouvement général des voyageurs. Cela n'est pas douteux pour ceux qui observent les effets produits par les améliorations introduites par les bateaux omnibus, par l'exploitation du chemin de fer de Paris à Auteuil, par les améliorations de la gare Saint-Lazare, par la substitution des tramways à chevaux aux omnibus, et des tramways mécaniques aux tramways à traction animale.

» Nous pourrions citer beaucoup d'exemples de tramways mécaniques qui ont remplacé des omnibus et dont le nombre des voyageurs a été augmenté dans la proportion de 900 pour 100.

» Quoi qu'il en soit du Métropolitain, il faut admettre à plus forte raison que la traction mécanique des tramways est depuis longtemps un progrès qui s'impose à tous les esprits.

» On pourrait s'étonner que l'on ait mis vingt ans, depuis nos premiers essais, pour faire admettre franchement ce progrès dans Paris. Nous savons bien que la routine, la crainte, les intérêts contrariés ont contribué à retarder le développement de la traction mécanique à laquelle nous travaillons sans cesse.

» Je n'affirmerais pas, cependant, que nous n'avons pas contribué, nous-mêmes, pionniers de la traction mécanique, à en retarder la marche, en dépréciant un système pour en faire valoir un autre.

» Dans d'autres enceintes que celle-ci, on a beaucoup discuté, en

effet, sur le choix des systèmes; les opinions les plus diverses et les plus opposées ont été exprimées. Les adversaires de la traction mécanique n'ont pas manqué de conseiller l'abstention, en alléguant que les techniciens n'étaient même pas d'accord entre eux.

» Nous devons éviter de renouveler une pareille faute.

» Je crois, pour ma part, à la supériorité de la traction mécanique, sauf à examiner, selon le cas, les conditions de la ligne, de l'exploitation, du trafic, etc., le choix à faire du moyen de traction. J'y crois parce que les exemples de l'accroissement de la recette brute à parcours égal des trains sont frappants, parce que cet accroissement est la conséquence du doublement possible du nombre de places, d'une vitesse plus grande qui peut atteindre parfois 20^{km} à l'heure, du confortable introduit dans le moyen de transport et de son bas prix.

» Il y aura progrès véritablement, quand les conditions ci-dessus seront réalisées; mais il ne s'affirmera utilement que par la diminution du coefficient des frais d'exploitation par rapport à la recette brute, par le prix de revient peu élevé de la traction et de l'exploitation, et en tenant compte toutefois du prix des salaires et des matières qui varie selon les lieux, de la somme des montées et des rayons de courbure sur les voies parcourues, du poids brut des trains en circulation, du tonnage utilement transporté en voyageurs et en marchandises.

» Si l'on veut arriver à l'amélioration des moyens de transport dans Paris, par la traction mécanique, nous devons donc nous appliquer à présenter celle-ci de façon à donner confiance aux capitaux importants à y consacrer. Les résultats financiers doivent être certains et, à cet effet, il convient de réduire au minimum les dépenses de premier établissement, les frais de traction, le coefficient d'exploitation, quel que soit l'accroissement de la recette, sans négliger toutefois l'intérêt de réduire, autant que possible, les dépenses de premier établissement sur la voie publique, qui reviennent à fin de concession à l'autorité concédante.

» C'est pour arriver au double résultat de l'accroissement de la recette et de la diminution relative des frais occasionnés par la traction mécanique que, à mon sens, on ne doit pas admettre, en règle générale, l'exploitation dite *en chapelet*, tout en reconnaissant,

cependant, que ce système doit être adopté dans les cas où l'intérêt de capter le trafic par le fréquent passage des voitures isolées pour augmenter la recette domine celui de diminuer la dépense.

» Question d'espèce; c'est un calcul à faire.

» Mais, d'une façon générale, avec les moyens que nous possédons pour arrêter promptement sur la voie publique, je pense que c'est l'exploitation par trains qui doit prévaloir. C'est, en effet, le moyen de réduire la dépense à recette égale et d'augmenter le bénéfice par kilomètre parcouru.

» Il faut remarquer, en outre, que l'exploitation en chapelet, quand les départs se font à très court intervalle, ne permet plus de réaliser le transport rapide qui justifie si bien la substitution de la mécanique aux chevaux.

» Il est bien évident, en effet, que nos voituriers de Paris ne renonceront jamais à l'emprunt des voies ferrées; que la circulation intense des voies publiques transversales, que les accidents, les sujets divers d'encombrement, seront des obstacles sérieux à la marche régulière, rapide, des cars mécaniques, électriques ou autres.

» Les cars isolés, au premier encombrement, s'entasseront les uns sur les autres, dans un enchevêtrement de voitures diverses, en augmentant la difficulté du désencombrement rapide, sans donner cependant plus de sécurité, puisque le train, quel que soit son poids, s'arrête aussi promptement qu'une voiture.

» Un train composé de plusieurs voitures, au contraire, sans offrir plus de danger, puisque la collision à éviter ne peut se produire qu'à la tête du train, a cet avantage d'en imposer davantage aux voituriers, de mieux canaliser le courant de circulation tout en laissant un plus long intervalle entre deux trains consécutifs, ce qui permet aux voitures circulant transversalement de reprendre de suite, sans encombrement inextricable, leur mouvement un instant interrompu.

» Au lieu d'avoir, sur les voies publiques très fréquentées, des voitures passant à deux minutes d'intervalle, je préférerais donc, aux heures d'affluence, y mettre des trains de 150 places disponibles chacun, avec un intervalle de cinq minutes entre deux trains consécutifs. Je donnerais ainsi suffisamment satisfaction au public, avec

moins d'encombrement dans la rue, tout en réalisant la rapidité, le maximum des recettes et le minimum des dépenses. De cette façon j'arriverais à réaliser le programme dans un laps de temps suffisant, du groupement des voyageurs, à des points fixes d'arrêt, alors que l'exploitation des voitures en chapelet aurait forcément l'obligation de prendre les voyageurs à tout instant sur leur appel.

» La perte de temps considérable que les tramways mécaniques éprouvent dans Paris doit être attribuée surtout aux encombrements et aux arrêts. Ce sont des causes de retard que l'on doit atténuer, mais qui ne disparaîtront pas. Telle est la raison qui justifie la création d'un métropolitain fonctionnant simultanément avec un réseau bien conçu de tramways mécaniques.

» Quant au coefficient d'adhérence, l'expérience nous indique que nous devons nous en préoccuper, sans l'admettre toutefois comme une difficulté sur les fortes déclivités, quand il s'agit d'exploiter au moyen des trains. Des lignes sont exploitées en rampe de 60 millièmes; des précautions sont prises et les accidents ne se sont point produits.

» Poussé constamment par cette conviction que la traction mécanique ne donnera les bons résultats que l'on en attend que si elle se pratique économiquement, j'ai toujours combattu l'usage de la voiture non symétrique à impériale et des plaques tournantes.

» L'emploi de la voiture non symétrique exige des manœuvres coûteuses et donne lieu, aux bouts de ligne, à une perte de temps regrettable. L'impériale, à la montée et à la descente, prolonge le temps d'arrêt au préjudice de la vitesse commerciale et du rendement du personnel et du matériel d'exploitation.

» Je ne suis pas partisan non plus de la voiture automobile, parce que j'ai constaté que le public réserve ses préférences pour une voiture qui n'a pas la suspension fatigante des automobiles, ni l'odeur et surtout point le voisinage immédiat des engins mécaniques.

» Au bout de ligne, la manœuvre se fait plus simplement et sans frais quand le moteur se détache de son train pour passer de tête en queue à l'aide de deux aiguilles automatiques et d'une voie parallèle d'évitement. Au point de vue de l'entretien, qui joue un rôle très important dans une exploitation de tramways mécaniques, on a grand intérêt à séparer le moteur proprement dit de la voiture.

» Je sais bien qu'on a fait valoir la diminution du poids mort, la réduction de longueur des trains sur la voie publique pour justifier l'usage de l'automobile. On a commencé, en effet, à faire des voitures automobiles légères; mais, peu à peu, pour remédier aux exagérations de l'entretien et pour obéir aux conditions d'une construction mécanique rationnelle, on est arrivé à des poids qui détruisent l'argument de la première heure, et l'on a ainsi établi des automobiles qui laissent encore à désirer au point de vue de la stabilité, de la répartition du poids, en aggravant le risque de déraillement.

» Il y a une vingtaine d'années, dans le monde des chemins de fer, on constatait également un mouvement général en faveur des automobiles. On en a essayé en France, en Belgique, un peu partout. Tous les praticiens y ont renoncé et pour cause. Je fais comme eux quand il s'agit de voitures automobiles actionnées autrement que par l'électricité, qui permet de parer à bien des inconvénients que j'ai signalés brièvement ci-dessus et qui se présente sous une forme particulièrement élégante.

» Maintenant que je reconnais des avantages à la traction électrique, je dirai tout à l'heure que je ne suis cependant pas d'accord avec ceux qui proclament la traction électrique cependant comme supérieure à tous les autres systèmes.

» Il est plus facile d'énoncer que de prouver.

» Nous aussi, en 1876, nous énoncions qu'on pouvait faire de la traction au prix de $0^{fr},19$ par kilomètre-train; mais il nous a fallu en rabattre, et nous avons pu constater avec le temps que, si la question du prix de production de la force motrice est un élément à considérer, il y a aussi d'autres éléments importants avec lesquels il faut compter. Il s'agit de la main-d'œuvre pour la conduite des machines et appareils, selon qu'ils sont plus ou moins compliqués et importants; de l'entretien et du renouvellement plus ou moins coûteux du matériel fixe et roulant, des frais plus élevés qu'exige un solide entretien de la voie, des charges financières déterminées par les dépenses de premier établissement, selon leur importance et suivant que tout ou partie de ces dépenses resteront acquises ou non aux concédants ou aux concessionnaires à fin de concession.

» Serait bien téméraire, me semble-t-il, celui qui garantirait

aujourd'hui un prix de revient de traction par l'électricité, que seule l'expérience de plusieurs années fera connaître exactement.

» Est-ce à dire que l'électricité ne triomphera pas un jour des difficultés qu'elle doit encore surmonter pour se manifester avec éclat comme une solution économique?

» J'ai assez de confiance dans le génie, le savoir et l'activité des ingénieurs électriciens pour concevoir l'espoir que cette manifestation se produira à brève échéance.

» Personnellement, je m'intéresse vivement aux progrès que l'on poursuit chaque jour, dans le but : d'améliorer d'abord le rendement mécanique; d'atténuer ensuite les conséquences des frais d'établissement et d'entretien des conducteurs aériens ou souterrains et des usines centrales et les charges de renouvellement d'un matériel délicat et coûteux, puis de parer à l'insuffisance de la vitesse dans certains cas et à la situation créée par les dommages occasionnés vis-à-vis des tiers par l'électrolyse et sur la voie ferrée elle-même, et enfin par les dangers que courent les gens et les animaux, ainsi que cela vient de se produire à Roubaix et plus récemment à Bruxelles, à Rouen et à Liège.

» Je pense qu'avec le temps, et dans un délai moindre que celui que nous avons subi pour faire admettre la traction mécanique à Paris par les pouvoirs publics, on arrivera aussi à faire disparaître les inconvénients signalés par les précédents orateurs qui ont combattu les conducteurs aériens, les conducteurs souterrains, les contacts à niveau du sol, les accumulateurs combinés ou non avec le fil.

» Je suis bien certain que l'on aura raison des dangers et des inconvénients reprochés à la traction électrique, qui se présente sous un aspect séduisant, on ne peut le nier. Je n'irai pas jusqu'à prédire, cependant, que l'électricité détrônera la vapeur, tant que l'énergie électrique restera tributaire de cette vapeur.

» Il n'a pas encore été démontré qu'on peut exploiter, au moyen de l'électricité, à un prix inférieur à la dépense occasionnée par d'autres systèmes et par les chevaux à Paris. L'exploitation par chevaux, sans aucune omission, coûte de $0^{fr},80$ à $0^{fr},90$ par kilomètre-voiture de 50 places; la traction y participe pour $0^{fr},50$ à $0^{fr},60$ environ.

» Avec les moyens mécaniques, on ne peut aller au delà de ce

prix, par kilomètre-train de 100 places, en y ajoutant, bien entendu, les charges directes et indirectes du renouvellement du matériel roulant, de la voie et des installations spéciales, d'intérêt et d'amortissement des capitaux à affecter à la transformation des moyens de traction.

» Encore faut-il, quand on a tout compté pour la traction, que le rapport de 1 à 2, qu'on observe généralement dans l'exploitation des tramways mécaniques, entre les frais de traction proprement dits et les dépenses totales, soit gardé.

» Je vais vous donner, si je n'abuse pas de votre attention, les résultats que j'ai obtenus par l'application des machines à eau chaude ou à vapeur sans feu, sur quelques lignes.

» Ces résultats comprendront à la fois les frais de traction, les frais totaux d'exploitation par kilomètre-train et par kilomètre-voiture, le coefficient d'exploitation. Ils s'appuient sur des documents qui ne laissent place au moindre doute.

» Les frais de traction comprennent : le combustible, les huiles et graisses, l'eau, le sable, les chiffons et matières diverses, les pièces de rechange, d'entretien et de renouvellement du matériel; l'éclairage du dépôt et des machines, le chef de dépôt, les machinistes, les chauffeurs, les chargeurs, les manœuvres, les ouvriers et le chef d'atelier, les redevances d'invention, les avaries accidentelles, les assurances, les primes et gratifications ([1]).

» En dehors des frais de traction, les dépenses d'exploitation comprennent : les dépenses générales) administration, direction, comptabilité, imprimés, tickets, fournitures, impôts, assurances, contrôle, téléphonie, affichage, publicité, loyers, etc.); les dépenses du trafic (contrôleur, chefs de station, conducteurs, etc.); les dépenses du matériel roulant voitures (éclairage, graissage, nettoyage, entretien et réparations); les dépenses de la voie (garde surveillance, nettoyage, entretien, enlèvement des neiges, arrosages, etc.).

([1]) En général, les frais de traction mécanique se subdivisent, savoir : un tiers environ pour le combustible, graissage et matières diverses; un tiers pour le personnel de conduite et de surveillance et d'entretien; un tiers pour le renouvellement du matériel.

» *Ligne de Rueil à Marly.* — Longueur de la ligne 9250^{m}, dont 7300^{m} environ presque en palier, avec des rampes accidentelles et de peu d'étendue; le reste en déclivité variant jusqu'à $\frac{59}{1000}$. Total des montées 93^{m}. Deux voitures au train sur la forte rampe; quatre à six voitures sur l'autre partie. Service ininterrompu depuis 1877 jusqu'en 1890, malgré le rigoureux hiver de 1879-1880 (— 24°C.). Départ d'heure en heure seulement.

» L'exercice 1889 a produit une recette brute totale de 163205^{fr}, pour une dépense de 109980^{fr}. Le nombre de kilomètres-trains a été de 124619, les kilomètres-voitures se sont élevés à 463366.

» La dépense totale d'exploitation par kilomètre-train a été de 0^{fr},8825, et par kilomètre-voiture de 0^{fr},2373.

» La traction a coûté 0^{fr},41 par kilomètre-train (1), et 0^{fr},11 par kilomètre-voiture.

» Le coefficient d'exploitation était donc de 66 pour 100.

» Quant à la consommation de charbon, elle était de 5^{kg} environ, malgré la condition défavorable d'un seul chargement par heure.

» *Ligne de Paris (Étoile à Courbevoie).* — Beaucoup d'éléments nous font défaut. On y emploie des machines à foyer, en mauvais état, qu'on a transformées, comme on a pu, en machines à eau chaude.

» En 1894, la Compagnie exploitante annonçait à ses actionnaires une dépense de traction par kilomètre parcouru qui était de 0^{fr},352 alors qu'elle dépensait ailleurs 0^{fr},557 avec les chevaux et 0^{fr},542 avec la traction électrique.

» Le bénéfice d'exploitation, par kilomètre parcouru, était de 0^{fr},0776 en moyenne sur l'ensemble du réseau, de 0^{fr},0184 avec la traction animale, de 0^{fr},0647 avec la traction électrique, et enfin de 0^{fr},3043 avec la traction à eau chaude.

» *Ligne de la Compagnie lyonnaise de Tramways.* — Trente-sept machines sont en usage sur trois lignes.

» D'après le rapport présenté à la dernière assemblée, la dépense

(1) La Compagnie du tramway à vapeur de Paris à Saint-Germain annonçait, en 1891, un prix de revient de 0^{fr},46 pour un service fait sur les rampes de Courbevoie, Nanterre, Marly et Saint-Germain.

totale d'exploitation a été, en 1895, de $0^{fr},835$, avec un coefficient d'exploitation de 66 pour 100.

» La traction a coûté $0^{fr},504$ par kilomètre-train et $0^{fr},232$ par kilomètre-voiture.

» Chaque train est composé de la machine et de deux longues voitures à boggies comprenant chacune soixante places.

» Les rampes sont assez nombreuses; les déclivités atteignent 45 millièmes.

» *Ligne de Lille à Roubaix.* — Longueur de 11666^{m}; rampes nombreuses; déclivité maxima 53 millièmes; trains à la demi-heure entre Lille et Roubaix, et à 10^{m} entre Lille et le Lion d'Or; une ou deux voitures à chaque train; voie en mauvais état; installation défectueuse des chaudières.

» Pendant plusieurs années on a constaté en moyenne une recette brute totale de 390010^{fr} par an, pour une dépense totale d'exploitation de 243090^{fr}. D'où coefficient d'exploitation : 65 pour 100. Dépense totale d'exploitation : par kilomètre-train $0^{fr},649$, par kilomètre-voiture $0^{fr},441$. Dépense de traction : par kilomètre-train $0^{fr},335$, et par kilomètre-voiture $0^{fr},227$.

» Combustible brûlé par kilomètre-train, en moyenne 5^{kg}.

» *Ligne de Batavia à Kramat et Mester Cornelis.* — Le rapport présenté à l'Assemblée en 1896 annonce une recette brute totale de 312303 florins pour une dépense totale d'exploitation de 154271 florins. Coefficient d'exploitation : 49 pour 100.

» L'exploitation totale a coûté $0^{fl},25$ par kilomètre-train, y compris les frais d'administration en Hollande.

» La traction a coûté $0^{fl},13$ par kilomètre-train.

» La ligne a une longueur de 12615^{m}; on y relève des courbes de 25^{m} de rayon et des déclivités de 33 millièmes.

» Le combustible consommé par kilomètre-train est de 4^{kg}; on le paye très cher, ainsi que les mécaniciens et les pièces de rechange, mais la main-d'œuvre ordinaire est à bon marché.

» Le parcours annuel des machines est $798\,968^{km}$, celui des voitures de $2\,251\,883^{km}$.

» *Ligne de Marseille à Saint-Pierre.* — Nombreuses rampes, fortes

déclivités (54^{mm} en courbe de 30^{m}) et en tunnel; trains comprenant 2 voitures à boggies de 60 voyageurs chacune.

» D'après un rapport officiel, les recettes brutes totales dans un exercice ont été de 264683^{fr},60; les dépenses d'exploitation de toute nature de 144115^{fr},34; le coefficient d'exploitation de 45 pour 100.

» D'autre part, on indique, comme dépense totale d'exploitation par kilomètre-train, 0^{fr},80; par kilomètre-voiture, 0^{fr},40.

» La dépense de traction par kilomètre-train est de 0^{fr},40 environ, et par kilomètre-voiture de 0^{fr},20.

» *Ligne de Saint-Germain à Poissy.* — La dernière application des moteurs à eau chaude, modifiés par l'adjonction d'un surchauffeur de vapeur, vient d'être faite au mois d'août 1896 sur cette ligne.

» Le parcours de Poissy à Saint-Germain est de près de 6^{km}.

» Le train est composé de la machine, de deux longues voitures à boggies de 50 et 60 places et d'un fourgon. Le poids total brut du train complètement chargé atteint au maximum 46 tonnes.

» La plus forte déclivité est de 52 millièmes, avec un arrêt en rampe; la cote à Poissy est de 26^{m} au-dessus du niveau de la mer, celle de Saint-Germain est de 90^{m}.

» Les machines partent seulement une fois par heure; elles réalisent le voyage d'aller et retour, en dépensant juste la moitié de la vapeur accumulée utilisable.

» Le combustible brûlé (grains lavés) est de 5^{kg},500 environ par kilomètre-train pour le service d'hiver et y compris l'anthracite du surchauffeur; il sera, en moyenne, pour l'année de 5^{kg} vraisemblablement.

» Les résultats de l'exploitation depuis l'ouverture de la ligne permettent d'indiquer que la recette brute totale sera probablement de 110000^{fr} pour une année de début, et que la dépense totale d'exploitation ne dépassera pas 70000^{fr}, d'où coefficient de 63 pour 100.

» On estime que la dépense moyenne totale par kilomètre-train sera de 0^{fr},80 tout au plus, et que la traction coûtera, par kilomètre-train, de 0^{fr},40 à 0^{fr},45, y compris l'entretien du frein continu automatique par le vide.

» La traction se fait ici, en toute évidence, dans les conditions les plus défavorables, car il est bien certain qu'un service qui justifierait quatre départs à l'heure dans chaque sens, par exemple, donnerait lieu à une dépense bien moindre en charbon et dans les frais divers qui sont comptés à la charge de la traction.

» En résumé, comme vous le voyez, Messieurs, les moteurs à eau chaude qui opèrent la traction mécanique, sur des lignes à faible trafic, concourent à faire une exploitation au coefficient variant de 45 à 66 pour 100, avec un prix total d'exploitation par kilomètre-train variant entre 0fr,8825 et 0fr,50, ce qui correspond à une dépense de traction variant de 0fr,504 à 0fr,26 par kilomètre-train, et de 0fr,232 à 0fr,11 par kilomètre-voiture de 50 places environ.

» Dans ces conditions, on ne pourra affirmer que la traction électrique peut défier tous les autres systèmes que lorsqu'on apportera des résultats plus avantageux.

» Je répète volontiers que je conserve l'espoir qu'on y arrivera un jour, grâce à des découvertes nouvelles et aux améliorations mécaniques dans la traction électrique. On y arrivera d'autant mieux que l'on écartera de soi la pensée que, à l'heure présente, l'emploi de l'électricité est supérieur à tout.

» Au point de vue de la dépense, il résulte, des communications faites par les intéressés eux-mêmes, que la traction électrique a coûté : à Chillon-Vevey (Suisse) (par l'utilisation des chutes d'eau) 0fr,33, à Berne 0fr,57, à Genève 0fr,48, à Zurich 0fr,40, à Gênes 0fr,586, à Florence 0fr,582, à Montferrand-Royat 0fr,477 par kilomètre-voiture.

» On m'affirme qu'à Marseille, y compris le renouvellement du matériel, le coût n'est pas éloigné de 0fr,45. Aux États-Unis, les communications qui m'ont été faites signalent un prix minimum de 0fr,41.

» Si l'on admet même que les prix ci-dessus comprennent tous les éléments de dépense de la traction, ainsi que les charges de renouvellement du matériel, on peut douter qu'ils permettent, à voiture isolée, sans grande extension possible de la recette, de donner un coefficient d'exploitation et un bénéfice qu'exigent les capitalistes qui veulent créer des tramways mécaniques.

» Je conserve donc mon opinion quant aux divers systèmes de

traction. Les uns et les autres ont leur place marquée selon les lieux et les circonstances. L'étude de chacun d'eux doit être faite, pour choisir, selon la recette maxima qu'il devra produire, en raison de la dépense minima qu'il devra occasionner, pour la meilleure rémunération des capitaux, pour les plus grandes satisfactions à donner au public par le bas prix, la vitesse et le confortable, en supprimant tout danger, l'odeur, le bruit et les causes d'insalubrité.

» Je serais heureux de voir admettre cette conclusion, en ramenant l'union sur la question de principe du développement de la traction mécanique que nous appelons tous de nos vœux pour le bien de l'humanité. »

M. le Président. — « Je remercie M. Dieudonné et le prie de transmettre à M. Francq nos remercîments pour sa Communication. »

DISCUSSION SUR L'ÉTABLISSEMENT DES CANALISATIONS ÉLECTRIQUES A L'INTÉRIEUR DES HABITATIONS (¹).

M. J. Laffargue. — « Dans notre dernière séance, notre Collègue et ami, M. Bonfante, a parlé des conditions d'établissement des canalisations électriques à l'intérieur des habitations. Il nous a mentionné en particulier des arcs survenus entre canalisations électriques et des canalisations métalliques de gaz, d'eau, etc. Ce fait est bien connu des électriciens depuis certains accidents qui ont fait beaucoup de bruit. Nous devons ajouter que des maisons sérieuses ont pris et prennent encore chaque jour toutes les précautions pour les éviter. Il peut rester cependant encore quelques installations anciennes qu'il est bon de surveiller.

» M. Bonfante a parlé de deux arcs en série qu'il a pu rencontrer. Le fait est rare, mais il peut se produire. Il est cependant difficile d'expliquer la formation d'un arc par électrolyse simple, et s'il n'y a pas de contact franc. Afin d'éviter tout accident semblable, M. Bonfante a proposé d'établir un câble formé de deux conducteurs, dont la résistance d'isolement entre conducteurs serait plus faible que la résistance d'isolement entre chacun d'eux et la terre. De la sorte, si un contact survient sur un pôle, il peut y avoir beaucoup de chances pour qu'un court-circuit s'établisse entre pôles avant qu'il ne survienne un accident quelconque. Au point de vue purement théorique, cette disposition serait un auxiliaire précieux du coupe-circuit. Mais on peut se demander si ces résultats seront atteints en pratique. Quelle sera la résistance à donner au câble? Comment les disposera-t-on? Ce sont là des questions que l'expérience seule pourra examiner.

» En ce qui concerne les câbles concentriques pour installations intérieures, on peut faire certaines remarques. Il est certain que s'il survient une partie défectueuse entre les deux câbles en un point quelconque, il se formera aussitôt un court-circuit qui fera fondre le plomb fusible. Mais, en général, les parties défectueuses

---

(¹) Voir *Bulletin mensuel*, n° de février 1897.

sur une canalisation se trouvent surtout aux dérivations, et celles-ci exigeraient certaines dispositions toutes particulières. Il n'y a donc pas intérêt à prendre les câbles concentriques pour les canalisations intérieures.

» Enfin, il ne nous semble pas utile de mettre en communication avec la terre une des deux armatures. Puisque chacun des câbles peut présenter une résistance d'isolement par rapport à la terre, on peut utiliser l'isolement sur chaque câble. Dans certains cas, cependant, comme dans les distributions à trois fils, la mise à la terre d'un fil a d'autres avantages et permet d'éviter des courts-circuits à 220 volts. Elle est inapplicable dans le cas de distributions à cinq fils.

» Enfin, Messieurs, on peut dire qu'il existe aujourd'hui, même avec des câbles sous moulures, d'excellentes installations, dans lesquelles ont été prises toutes les dispositions nécessaires pour éviter les accidents dont il a été question. Il ne faut pas pour cela négliger les améliorations ou progrès qui pourraient être apportés. Et dans l'état actuel, s'il reste encore une partie faible, c'est surtout l'appareillage et en particulier les coupe-circuits. Ces derniers, en effet, ne rendent pas toujours les services que l'on est en droit d'en attendre. Dans quelque temps le Laboratoire central d'électricité doit faire à cet égard des études pratiques qui pourront être d'une grande utilité aux fabricants pour établir leurs divers modèles sur des bases certaines. »

M. le Président remercie M. Laffargue.

M. Anney attribue un grand nombre des accidents qui se produisent dans les installations particulières, alimentées par les secteurs, au mauvais état des coupe-circuits. Il décrit un de ces appareils dont l'application lui a fourni les meilleurs résultats.

M. Bonfante. — « Messieurs, je commencerai par remercier mon honorable Collègue et ami d'avoir bien voulu se livrer à une critique de la proposition que j'ai eu l'honneur de vous exposer dans la dernière séance.

» Je me permettrai, sans vouloir éterniser la discussion, de répondre aux objections faites.

» M. Laffargue déclare que, en ce qui concerne les deux arcs en tension, il a, lui, observé que dans le cas de formation d'arc entre une canalisation électrique et une autre canalisation électrique ou, plus simplement, une partie métallique, il existait un autre point de la canalisation électrique en contact avec la terre et non un second arc en série. Je dois déclarer que j'ai constaté le même fait que lui, une fois le phénomène accompli; mais cette constatation, en apparence contradictoire, outre qu'elle n'enlève rien à la gravité possible de l'accident que j'ai voulu signaler (la formation d'arc sans fusion de plomb), n'en est pas moins conforme à la théorie des deux arcs en série. En effet, les deux arcs en série doivent bien se former; sans cela, avec les canalisations habituelles à 110 volts, s'il ne se formait qu'un arc, il passerait un nombre presque infini d'ampères qui amèneraient la fusion des plombs du coupe-circuit. Donc, nous persistons à dire : pour que le phénomène d'un débit d'ampères sur une canalisation étrangère puisse avoir lieu sans fusion de plomb, il faut qu'il y ait deux arcs en série. Ces deux arcs se forment donc; mais, comme il n'y a rien d'identique dans la nature, un des deux arcs moins résistant établit un contact franc, et à ce moment seulement le plomb fond, parce que, à ce moment-là seulement, on a un arc seul sur 110 volts qui laisse passer en quelque sorte un nombre infini d'ampères. C'est ainsi que les traces du phénomène, quand les plomb sont pu fondre, sont celles d'un arc et d'un contact parfait à la terre en un autre point. Mais quand le phénomène suit toute son évolution, ce ne sont pas les traces des arcs qu'on peut observer, ce sont leurs effets en deux points différents de la dérivation où ils se sont formés.

» Une deuxième objection, faite par mon honorable contradicteur, a consisté à dire, en faveur des deux rainures séparées, que déjà avec ces rainures on a du mal à obtenir les isolements requis, même dans les installations neuves; que serait-ce donc dans le cas de rainure unique? Cette objection, je suis heureux de l'avoir entendu faire, parce que, loin d'infirmer la cause que je soutiens, elle ne fait que donner un avantage de plus au principe des câbles côte à côte; oui, dans les installations neuves, l'isolement requis est souvent dû, non à l'isolement des câbles, mais à leur disposition dans deux rainures différentes; l'isolement, en un mot, est dû à la

moulure; il arrive même que, avec des câbles blessés ou ayant déjà servi (et tous les cas possibles se rencontrent dans la pratique), on a de bons isolements aux premiers essais, surtout tant qu'on conservera l'habitude de faire l'essai avec des galvanomètres sensibles et une tension électrique non seulement pas supérieure, mais même inférieure à celle de marche. A ce propos, je me permettrai de dire qu'il serait à souhaiter que l'on fît, pour les câbles électriques, des épreuves analogues à celles que l'on fait dans d'autres cas, pour les chaudières par exemple, c'est-à-dire à des essais à un potentiel plus élevé que celui de marche.

» Mais ceci dit, même avec les épreuves actuelles, avec les conducteurs côte à côte, si l'on se trouvait dans les cas auxquels nous faisons allusion plus haut, l'isolement requis mesuré au début, ne pouvant plus être dû aux rainures différentes, ne pourrait être constaté, et cela ne vaudrait que mieux; à ce point de vue nous ne pouvons que remercier M. Laffargue d'avoir trouvé une qualité de plus aux câbles côte à côte. »

La séance est levée à $10^h 40^m$ du soir.

BIBLIOGRAPHIE.

Les tramways électriques, par M. H. Maréchal; 1 vol. in-8. Paris, Baudry et Cie; 1897.

La publication de cet Ouvrage est d'une opportunité qui sera d'autant mieux appréciée qu'il contient des données précieuses, des résultats fournis par la pratique et les applications en service courant.

M. Maréchal, prévoyant le remplacement, à bref délai, des tramways à chevaux par la traction mécanique, préconise catégoriquement, pour cette transformation, les tramways électriques dont il fait ressortir les qualités indiscutables, en laissant le choix du système à la convenance des cas particuliers.

La comparaison avec les autres systèmes de traction, qu'il établit vers la fin de son Ouvrage, est bien de nature du reste à justifier cette opinion. En effet, considérant la dépense de *traction proprement dite,* c'est-à-dire la production du courant, l'entretien de l'usine, du matériel roulant, des dépôts et des connexions électriques, et le salaire du personnel de conduite, il démontre péremptoirement que le prix de revient de la voiture-kilomètre électrique varie de $0^{fr},20$ à $0^{fr},30$, selon les villes; qu'il est de $0^{fr},24$ à Boston, de $0^{fr},22$ à Cincinnati, $0^{fr},24$ au Havre et à Clermont-Ferrand, $0^{fr},26$ à Marseille, $0^{fr},257$ à Genève, etc.; une moyenne, établie pour vingt-deux lignes américaines, le met à $0^{fr},208$, chiffre trop faible pour une exploitation européenne; mais on doit retenir que, en général, les Sociétés garantissent un prix de traction de $0^{fr},25$. Il résulte de ces chiffres une supériorité économique évidente de la traction électrique sur la traction animale dont le prix de revient de la voiture-kilomètre est de $0^{fr},50$ à $0^{fr},60$.

Avant d'arriver à cette conclusion, M. Maréchal a étudié magistralement dans ce Livre les dispositions générales relatives à l'établissement de tramways électriques, la distribution du courant par conducteurs aériens et souterrains, par conducteurs interrompus établis au niveau du sol, la traction par accumulateurs, le matériel roulant et l'installation des stations centrales; il termine, par le non moins suggestif Chapitre des dépenses, ce travail remarquable de précision et de clarté.

Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1897, 1 Volume.
Paris; Gauthier-Villars et fils.

Outre les renseignements pratiques qu'il contient chaque année, l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1897 renferme des articles dus aux savants les plus illustres sur les Monnaies, la Statistique, la Géographie, la Minéralogie, etc., enfin les Notices suivantes : *Notice sur le mouvement propre du système solaire;* par M. F. Tisserand. — *Les rayons cathodiques et les rayons Röntgen*; par M. H. Poincaré. — *Les époques dans l'Histoire astronomique des planètes;* par M. J. Janssen. — *Notice sur la quatrième Réunion du Comité international pour l'exécution de la Carte photographique du Ciel;* par M. F. Tisserand. — *Notice sur les travaux de la Commission internationale des étoiles fondamentales;* par M. F. Tisserand. — *Discours prononcé*

aux funérailles de M. Hippolyte Fizeau; par M. A. Cornu. — *Discours prononcés aux funérailles de M. Tisserand;* par MM. H. Poincaré, J. Janssen et M. Lœwy. — *Travaux au mont Blanc en* 1896; par M. J. Janssen. In-18 de v-918 pages, avec 2 Cartes magnétiques.

Éclairage électrique, par M. J. Lefèvre. 1 vol. petit in-8. Paris, Gauthier-Villars et fils. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

Cet Aide-Mémoire est le premier des deux Volumes consacrés à l'Éclairage. Il renferme tout ce qui se rapporte à l'Éclairage électrique : dynamos à courants continus, alternateurs à courants simples ou polyphasés, divers systèmes de distribution et de canalisation, lampes à incandescence, régulateurs à arc voltaïque et bougies électriques.

Éclairage aux gaz, aux huiles, aux acides gras, par M. J. Lefèvre. 1 vol. petit in-8. Paris, Gauthier-Villars et fils. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

Complétant le Volume consacré à l'*Éclairage électrique,* cet Aide-Mémoire donne la description des autres systèmes d'éclairage : gaz, chandelles et bougies, huiles végétales et minérales. L'acétylène n'a pas été oublié. Le dernier Chapitre indique les avantages et le prix de revient de chaque système.

Annuaire de l'observatoire de Montsouris, pour 1897. Paris, Gauthier-Villars et fils.

On sait que l'observatoire municipal de Montsouris a pour but principal, à côté des recherches de science pure qu'il poursuit parallèlement, l'étude de la Climatologie et des conditions hygiéniques de la ville de Paris, étendue, depuis 1893, à toute la vallée de la Seine; ses travaux sont répartis entre trois sections : le service de Physique et de Météorologie proprement dite, le service chimique et le service micrographique. L'*Annuaire* qui vient de paraître publie le résultat des travaux effectués en 1895 : observations des pressions, températures, pluies, humidité de l'air, vent; analyse chimique de l'air et des eaux de rivière et d'égout; analyse de l'air à Montsouris, à Paris et dans les égouts; analyse micrographique, etc.

Il renferme, en outre, un grand nombre de renseignements et des instructions à l'usage des observateurs.

Les piles électriques, par M. Ch. Fabry. 1 vol. petit in-8. Paris, Gauthier-Villars et fils. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*)

M. Fabry rappelle d'abord les lois de l'Électrolyse nécessaires pour comprendre la théorie de la pile. Cette théorie fait l'objet du Chapitre II. Les troisième et quatrième Chapitres sont consacrés aux méthodes de mesure des constantes d'une pile. Puis vient la description des divers types de piles, et l'étude de leurs propriétés.

L'Ouvrage se termine par une étude très soignée des étalons de force électromotrice, étude également intéressante pour les industriels et les physiciens, qui tous ont besoin d'étalons de mesure parfaitement déterminés.

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

Allemagne.

Elektrotechnische Zeitschrift.

18/2. — Question des unités photométriques; *L. Weber.* — Résonnance et consonnance électriques; *C. Feldmann.* — Téléphone sans pile d'appel chez l'abonné; *G. Ritter.*

25/2. — Résonnance... (*fin*); *C. Feldmann.* — Téléphone... (*suite*); *G. Ritter.* — Sur les tentatives en vue d'obtenir l'énergie électrique par combustion; *C. Weber.*

4/3. — Installation de Rathausen, près Lucerne; *E. Guinand.* — Téléphone... (*fin*); *G. Ritter.* — Éclairage des wagons-poste en Autriche; *C. Křiž.* — Nouveau régulateur de machines à vapeur; *M. Tolle.*

Angleterre.

The Electrician.

12/2. — Déviation des rayons cathodiques; *J. Barr* et *C. Philipps.* — L'électricité dans les Arts chimiques; *J. Kershaw.* — Enclanchement électrique des signaux; *F. Collins.*

19/2. — Déviation des rayons cathodiques; *J. Barr* et *C. Philipps.* — Projecteurs; *W. Pretty.* — L'électricité dans les Arts chimiques et la Métallurgie; *J. Kershaw.*

26/2. — Théorie électromagnétique; *O. Heaviside.* — La dernière découverte en Physique; *O. Lodge.* — Perforatrices de la Société des charbonnages des Bouches-du-Rhône; *A. Snell.* — Le câble rapide; *A. Dearlove.* — Nouvelle méthode pour relever un câble; *F. Taylor.* — Projecteurs; *W. Pretty.* — Machine à vapeur à faible course; *A. Raworth.*

5/3. — L'Électricité dans les Arts... (*suite*); *J. Kershaw.*

Electrical Review.

19/2. — Essais d'un turbo-générateur Parsons; *W. Hunter.*

26/2. — Théorie des moteurs à courant continu et vitesse constante; *W. Rhodes.*

Autriche.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

1/3. — Résidus et oscillations dans divers condensateurs; *T. Wulf.* — Pratique de la construction des dynamos; *J. Seidener.* — Transport d'énergie de Rheinfelden.

Amérique.

Bulletin of the University of Wisconsin.

Examen complet des transformateurs américains modernes de capacité moyenne ; *A. Ford.*

Electrical Engineer.

3/2. — Rayons X; *G. Frei.* — Rayons X; *C. Haskins.* — Fusion de l'aluminium par l'électricité.

17/2. — Indicateur de terre statique; *Kelly.* — Boîte de jonction pour circuits de haute tension. — Documents relatifs à l'éclairage par les municipalités.

Electrical Review.

3/2. — Appareils de sûreté pour transformateurs; *H. Wirt.*

Electrical World.

7/11. — Calibration d'un fil de pont; *W. Stine.* — Procès de la Compagnie Bell ; *E. Frost.* — Condensateur ajustable pour hautes tensions; *L. Blake.* — Le yacht *Utopian.* — Comment augmenter le rendement des moteurs de tramways; *W. Baxter.* Expériences sur la théorie du téléphone; *R. Nakayama.*

14/11. — Piles étalons; *S. Carhart.* — Fils isolés et câbles; construction, calcul, isolement et défauts; J. *Bishop.* — Relais téléphoniques; *T. Lockwood.* — Expériences sur la théorie du téléphone; *R. Nakayama.* — Distorsion du champ par le courant d'armature; *F. Sleeper.* — Matériel Siemens et Halske, de Chicago.

21/11. — Patente Berliner 1891 devant la Cour suprême; *E. Frost.* — État actuel des transmissions du Niagara; *F. Perkins.* — Moteurs synchrones comme compensateurs sur les réseaux alternatifs; *E. Berg.* — Relais téléphoniques; *T. Lockwood.* — Nécessité d'un type unique pour les appareils de tramways; *W. Baxter.* — Fils isolés, etc. (*suite*); *J. Bishop.* — Matériel Siemens et Halske. — Charbon des lampes à incandescence; *C. Marsh.*

28/11. — Détermination du degré de vide par la décharge; *C. Marsh.* — Rayons Becquerel; *Mackissick.* — État actuel (*suite*); *F. Perkins.* — Moteurs synchrones (*suite*); *E. Berg.* — Fils isolés (*suite*); *J. Bishop.* — Relais téléphoniques; *T. Lockwood.*

5/12. — Électrolyse par les retours de tramways; *D. Jackson.* — État actuel (*suite*); *F. Perkins.* — Nouveaux phénomènes produits par les rayons Röntgen; *C. Leonard.* Nouveaux appareils; *R. Fessenden.* — Calcul des moteurs; *A. Wiener.*

12/12. — Réglage des moteurs à induits fermés; *A. Davis.* — État actuel du Niagara; *F. Perkins.* — Moteur synchrone dans les distributions par courants alternatifs; *E. Berg.* — Calcul des moteurs; *A. Wiener.*

19/12. — État actuel du Niagara; *F. Perkins.* — Fils et câbles isolés.... (*suite*); *J. Bishop.* — L'électricité dans les mines d'or; *H. Chance.*

26/12. — Fils et câbles isolés... (*fin*); *J. Bishop.* — Rapport du flux à la puissance des dynamos; *F. Heldt.*

2/1. — Couplage des alternateurs ; *C. Steinmetz.* — Échauffement des bobines d'électros ; *G. Carhart.* — Machines à courants alternatifs ; *E. Houston* et *A. Kennelly.*

9/1. — Surface rayonnante des filaments de lampe ; *J. Howell.* — Usage des accumulateurs dans les tramways ; *W. Baxter.*

23/1. — Principes de distribution électrique ; *F. Crooker.* — Distribution et diffusion de la lumière ; *J. Elliott.* — Appareils de sûreté ; *W. Stine.*

Engineering and Mining Journal.

16/1. — Locomotive de mines (système Thofern aux mines d'Anaconda).

Journal of the Franklin Institute.

Observations sur les montres aimantées ; *W. Lewis.* — Télégraphie auxiliaire ; *I. Kitsee.*

Transactions of the American Institute of Electrical Engineers.

21/10. — Traction électrique sur les chemins de fer.

18/11. — Réglage de la vitesse des moteurs électriques ; *H. Ward Leonard.*

École supérieure d'Électricité.

Dans sa séance du 25 février dernier, le Comité d'Administration de la Société des Électriciens a approuvé la modification suivante, apportée par le Conseil de perfectionnement de l'École supérieure d'Électricité dans l'article 10 du règlement de l'École :

« Des auditeurs libres peuvent assister au Cours de l'École moyennant une redevance de 50fr, payables d'avance pour chaque série de Cours et pour toute l'année. Les membres de la Société internationale des Électriciens qui désirent assister aux Conférences en feront la demande au Président du Conseil de perfectionnement de l'École. »

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

France.

Annuaire de la Société d'encouragement pour l'année 1897; 1 vol. petit in-4. Paris, Chamerot et Renouard, 1897. (*Don de la Société d'encouragement.*)

Comptes rendus des séances des 19e et 20e Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur, tenus à Bordeaux et Paris en 1895 et 1896; 2 vol. grand in-8. Paris, E. Capiomont et Cie, 1895 et 1896. (*Don de l'Association parisienne de Propriétaires d'appareils à vapeur.*)

Éclairage : Éclairage aux gaz, aux huiles, aux acides gras, par M. J. Lefèvre; 1 vol. petit in-8. Paris, Gauthier-Villars et fils et G. Masson et Cie. (*Don de MM. Gauthier-Villars et fils.*)

Électricité curative, par M. le Dr Foveau de Courmelle; 1 vol. in-8°. Paris, G. Delarue. (*Don de l'Auteur.*)

Inauguration du nouvel Hôtel de la Société des Ingénieurs civils de France, le 14 *janvier* 1897; 1 vol. in-8. Paris, Aulanier et Cie, 1897. (*Don de la Société des Ingénieurs civils.*)

La Photographie du spectre infra-rouge et Étude sur les rayons X, par M. A. Nodon; 1 broch. in-8. Paris, imp. G. Perret et Cie, 1897. (*Don de l'Auteur.*)

Tramways électriques à contacts souterrains sans caniveau, par l'autocommutateur balistique, système L. Lacroix: 1 broch. in-8. Marseille, imp. Moussard frères, 1897. (*Don de MM. Boissier et Cie.*)

Traité des machines-outils, par M. Gustave Richard; 2 vol. grand in-4. Paris, Baudry et Cie, 1895 et 1896. (*Don de l'Auteur.*)

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

COMPTE RENDU

DE

L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE

ET DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 7 avril 1897 (1).

PRÉSIDENCE DE M. G. SCIAMA.

La séance est ouverte à $8^h 40^m$ soir.

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages reçus (*voir* p. 270) et des demandes d'admission suivantes :

---

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Barrière (E.), Directeur gérant d'usines à gaz, Membre de la *Société technique de l'Industrie du gaz en France,* à Gournay-en-Bray (Seine-Inférieure). — Présenté par MM. Cornuault et A. Sabourain.

Becker (Barthélemy-Joseph), Constructeur électricien, 71, rue de Bourgogne, à Paris. — Présenté par MM. F. Laporte et Taboury.

Brison (Henri-Louis), Directeur de la *Société d'entreprises électriques,* 12, rue du Jura, à Genève (Suisse). — Présenté par MM. P. Jannettaz et X. Gosselin.

Chaumat (Henri), Chef des travaux à l'École supérieure d'Électricité, 4, rue Bertrand, à Paris. — Présenté par MM. A. Hillairet et P. Janet.

Dunarintzu (Petré), Officier de la Marine royale roumaine, 22, rue Raynouard, à Paris, et à Galatz (Roumanie). — Présenté par MM. P. Janet et G. Sautter.

Mailly (Paul-Marc), Ingénieur des Arts et Manufactures, 113 et 115, rue du Cherche-Midi, à Paris. — Présenté par MM. P. Janet et F. Loppé.

Vaucheret (Amédée), Ingénieur des Arts et Manufactures, 8, rue Stanislas, à Paris.— Présenté par MM. P. Janet et F. Loppé.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

Les dons ci-après ont été faits au Laboratoire et à l'École supérieure d'Électricité :

MM.	
Gauthier-Villars et fils...	Rapport général de la Commission permanente nommée par le Congrès international de Photographie tenu à Paris en 1889.
»	Congrès international de Photographie, Exposition universelle de 1889. Rapports et documents publiés par les soins de M. S. Pector, Secrétaire général.
Société Cance.............	Une lampe spéciale pour projections.

Des remercîments sont adressés aux auteurs de ces envois.

Il est fait lecture d'une lettre par laquelle M. le Président de la Société française de Physique convie les Membres de la Société internationale des Électriciens à prendre une part effective à l'Exposition qu'elle organise annuellement.

M. Pellat, Secrétaire général de la Société française de Physique, ajoute que tous les Membres de la Société internationale des Électriciens doivent se considérer comme invités à visiter cette Exposition le samedi 24 avril, à partir de 8^h du soir; ils seront reçus sur la présentation de leur carte de membre de la Société internationale des Électriciens.

M. le Président fait part du récent décès de MM. *Bourrut-Duvivier* (*F.*), Professeur de Sciences physiques à l'École navale, à Brest, Membre titulaire; *Descamps* (*Jules*), Directeur des Stations électriques des gares de Tergnier et Boulogne-sur-Mer, Directeur de plusieurs Sociétés de gaz, Membre titulaire; *Dieudonné* (*Camille*), Constructeur électricien, à Lunéville, Membre fondateur; *Gagon* (*Didier*), Représentant de la Compagnie Thomson-Houston, à Saint-Malo, Membre titulaire; *Japy* (*Adolphe*), Manufacturier, à Paris, Membre titulaire; *Ville* (*Georges*), Professeur, Membre titulaire.

En l'absence de M. Berthon, empêché, M. G. Masson, Membre de la Commission des Comptes, donne lecture du document suivant :

RAPPORT DE LA COMMISSION DES COMPTES SUR L'EXERCICE 1896.

M. A. Berthon, *rapporteur*. — « Messieurs, la Commission nommée dans la dernière assemblée générale de la Société a procédé à la vérification des comptes établis, dont M. le Trésorier vous fera un exposé détaillé.

» Les recettes de l'exercice 1896 se sont élevées, pour les services généraux de la Société, à 27676^{fr},20, en augmentation de 2081^{fr},34 provenant d'un accroissement du chapitre « produits du Bulletin », et, pour le laboratoire, à 43952^{fr},03, en plus-value de 3434^{fr},29.

» Les dépenses ont été, pour les services généraux, de 22681^{fr},99, en diminution sur l'exercice précédent, et, pour le laboratoire, de 29736^{fr},86.

» D'autre part, une somme de 43513^{fr},99 a été affectée à l'installation du laboratoire. La situation des fonds destinés à cette installation fait ressortir un reliquat de 89240^{fr},67, représenté par 2295^{fr} de rente 3 pour 100, 355^{fr} de rente 3$\frac{1}{2}$ pour 100 et une soulte en espèces de 240^{fr},02.

» Le fonds social, constitué par les cotisations libérées et les dons sans destination spéciale, s'élève à 27330^{fr}. Cette somme est représentée par 50 obligations P.-L.-M. fusion, 13 obligations Est 3 pour 100, 1 obligation Ouest-Algérien 3 pour 100 et une coupure de 32^{fr} de rente; il reste à placer unesom me de 200^{fr},06 qui figure au passif

du bilan. Au 31 décembre 1896, la valeur de ces titres était de 31 726^{fr},25, donnant une plus-value de 4396^{fr},25. Les prescriptions de l'article 12 des Statuts sont donc bien observées.

» Nous vous rappelons que, l'année dernière, nous avions encore à notre actif une créance ancienne de 12250^{fr} dont le recouvrement paraissait problématique; et nous nous proposions de l'amortir dans le plus court délai possible, à l'aide des ressources disponibles. La faillite de notre débiteur nous a donné un dividende de 3477^{fr},45. Cette rentrée a réduit notre créance à 8772^{fr},55. Les excédents de recettes de l'exercice, qui ont été de 4264^{fr},76, ont permis d'amortir d'autant cet article, qui ne figure plus ainsi au bilan de 1896 que pour la somme de 4507^{fr},79. Il est entendu que cette dernière somme sera passée en 1897 au compte de profits et pertes.

» Les excédents de recettes du laboratoire ont permis d'amortir la bibliothèque, le matériel et les constructions d'une somme de 7356^{fr} et de reporter à l'exercice 1897 un solde créditeur de 6859^{fr},17.

» Enfin le bilan, au 31 décembre 1896, évalue l'avoir net total de la Société à 360400^{fr},83.

» Nous avons constaté la bonne tenue des livres et l'exactitude des comptes, à l'appui desquels sont annexées des pièces justificatives.

» La Commission vous propose, en conséquence, d'approuver les comptes qui vous sont soumis et d'adresser à M. le Trésorier des remercîments bien mérités. »

M. le Président. — « Messieurs, vous venez d'entendre la lecture du Rapport de la Commission des Comptes, que nous a présenté en son nom notre Collègue M. Masson. J'ai cru préférable, l'ordre du jour de notre séance étant très chargé, de vous éviter le fastidieux énoncé de tous les chiffres de notre bilan, qui n'auraient pu retenir votre attention, et il m'a semblé que le Rapport de la Commission, qui le résume en mettant en saillie les chiffres importants, pouvait dispenser de la lecture du Rapport du Trésorier.

» Je vous propose, en conséquence, de vous associer aux conclusions de la Commission des Comptes en approuvant les Comptes qu'elle a vérifiés et qui seront publiés en détail dans le *Bulletin*, avec le Procès-Verbal de cette séance.

» Il sera en outre entendu, si vous n'y mettez pas opposition, que, conformément à l'avis de la Commission et du Comité d'administration, les bonis en fin d'exercice seront affectés dorénavant à l'extinction de la créance de 4264^{fr},76 qui doit définitivement disparaître de nos Comptes. »

L'Assemblée consultée approuve les Comptes qui lui ont été présentés avec la disposition additionnelle proposée.

RAPPORT DU COMITÉ D'ADMINISTRATION.

M. le Secrétaire général. — « Messieurs, votre Comité d'Administration a le devoir de vous entretenir, chaque année, de la situation de notre Société, de son Laboratoire et de l'École supérieure d'Électricité qui y est annexée dans les conditions que vous savez.

» Cette année, la tâche qui nous incombe est particulièrement douce : l'activité générale s'accroît, et les budgets s'équilibrent.

» Nos séances mensuelles ont donné lieu à de nombreuses et intéressantes Communications dont quelques-unes ont été suivies de discussions. Nous avons à remercier M. Janet, pour son exposé d'un étalonnement d'un voltmètre de 20000 volts, et du résultat de ses recherches sur la température des filaments des lampes à incandescence; M. Branly, pour son étude de la résistance au contact de deux métaux; M. Picou, pour l'indication d'une méthode de mesure des grandes résistances d'isolement; M. Potier, pour son Mémoire sur les précautions à prendre contre l'électrolyse dans l'établissement des voies de tramways; M. Bochet, pour son procédé de calcul des conducteurs électriques, dont l'exposé a été suivi des observations de MM. Blondel et Gosselin; M. G. Pellissier, pour l'exposé du système Westinghouse de tramway électromagnétique; M. Loppé, pour son étude analytique sur la détermination de la force électromotrice développée dans une partie d'un anneau Gramme dans un champ magnétique uniforme; M. J. Perrin, pour la Communication de ses recherches sur le mécanisme de la décharge par les rayons Röntgen des corps électrisés; M. H. Pellat, pour l'exposé de sa méthode de graduation du galvanomètre Deprez-d'Arsonval; M. Violle, pour ses remarques sur la Photométrie, à propos de la discussion

très vive sur ce sujet qui clotura le Congrès de Genève; MM. Bochet, de Bovet, L. Brunswick, P. Delaporte, E. Dieudonné, L. Franck, D. Korda, Lauriol, Maréchal, Mekarski, Regnard, Eugène Sartiaux, Vedovelli, Vuilleumier et H. Weill, pour leurs Communications et observations sur la traction mécanique dans Paris; M. L. Colin, pour son exposé descriptif et analytique des procédés de chauffage électrique; M. Bonfante, pour ses observations sur quelques points faibles dans l'établissement des circuits électriques à l'intérieur des habitations, suivies des remarques de MM. Laffargue et Anney; M. Blanchon, pour sa description des accumulateurs Tudor à charge rapide, à la suite de laquelle ont pris la parole MM. Arnoux, Margaine, Korda et E. Sartiaux.

» Enfin, nous avons été heureux de recevoir nos Collègues américains M. T.-C. Martin, Rédacteur en chef de l'*Electrical Engineer*, de New-York, et M. le D[r] Marks, Ingénieur en Chef de l'*Arc illuminating C°*.

» Notre Collègue, M. Hospitalier, avait bien voulu se charger d'inviter M. Martin à venir nous communiquer sa description de l'état actuel des travaux d'aménagement des chutes du Niagara et nous montrer les nombreuses vues dont vous avez pu admirer les projections.

» Dès son retour à New-York, M. Martin nous fit parvenir ses remerciments pour le bon accueil qu'il trouva auprès de vous, et engagea son Collègue et ami, M. Marks, à venir nous entretenir de ses recherches sur l'arc électrique en globe fermé; MM. Arnoux, Cance, Gosselin, Korda, Lamprecht et Eugène Sartiaux ont fait part de leurs observations sur ce procédé d'éclairage.

» Il serait désirable que notre Société entretînt avec les Sociétés étrangères des relations suivies, et que nous fissions savoir à nos Collègues étrangers que nos séances leur sont ouvertes; la présentation de leurs travaux leur sera toujours facilitée, et ils trouveront parmi nous des auxiliaires heureux de les seconder.

» Depuis quelques mois, chacun de nos *Bulletins* comporte régulièrement une Revue des Travaux et Publications, et un sommaire des Mémoires originaux publiés dans les périodiques étrangers. Cette revue et ce sommaire sont dus, jusqu'à ce jour, à la bienveillante collaboration de notre ancien Président M. Potier, dont

la sollicitude pour notre Société a été au-devant de ce labeur. Guidés par l'exemple dans la voie si clairement tracée, nous comptons développer cette partie du *Bulletin*.

» Nous avons à déplorer la perte de M. J. Aylmer, Membre fondateur, ancien Membre du Comité; de M. J. Belleville, Membre fondateur; du Professeur du Bois-Reymond, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences de Berlin, Membre fondateur; de M. Cernuschi, Membre fondateur; de M. C. Dieudonné, Membre fondateur; de M. Fouquemberg, Membre fondateur; de M. Gagon; de M. Gautier, horloger, Membre fondateur; de M. E. Goupil, Membre perpétuel; de M. O'Kerrins-Hyde; de M. H. Pelletier, Membre fondateur; de M. L. Pérard, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Liége, Membre fondateur; du Professeur Stoletow, de l'Université de Moscou, Délégué au Congrès de 1881, Membre fondateur; de M. A. Tresca, Professeur à l'École Centrale et à l'Institut Agronomique; de M. Verrier, Membre fondateur, perpétuel; de M. Georges Ville, Professeur au Muséum.

» Le nombre des Membres de notre Société était de 1018 au 31 décembre dernier, contre 995 au 31 décembre précédent; depuis le 1er janvier de cette année, 23 nouveaux membres ont été admis, ce qui porte à 1041 le nombre total, à ce jour, du nombre des membres.

» L'Exposition d'Électricité, tenue dans l'hôtel de la Société d'Encouragement les 2, 3, 4 et 5 mai, a eu le succès que vous savez, grâce au concours dévoué de notre Collègue, M. Clémançon, qui avait bien voulu se charger de l'aménagement des salles, de leur décoration, de l'établissement des circuits et de la surveillance générale, avec l'aide de nos Collègues, MM. Bancelin et Roux; les souscriptions recueillies pour cette entreprise ont permis d'équilibrer les dépenses et de ne pas grever le budget de notre Société d'une somme supérieure aux mille francs votés à cet effet par le Bureau. M. Laffargue a donné un compte rendu détaillé de cette Exposition dans le *Bulletin* du même mois. M. Eugène Sartiaux nous a prêté son obligeant concours pour la confection et l'impression du catalogue. Nous avons à adresser nos remercîments à notre Collègue M. G. Richard, agent général de la Société d'encouragement, pour l'obligeance qu'il nous a témoignée en cette circonstance.

» Le Laboratoire central et l'École supérieure d'Électricité ont continué à se développer sous la direction de M. P. Janet.

» Le produit total des essais effectués au Laboratoire a été de 5282fr,05 pendant l'exercice 1896, contre 4568fr,80 pendant l'exercice 1895. L'excédent du budget des recettes sur le budget des dépenses du Laboratoire a permis la création d'un poste de Chef des Travaux de recherches, qui a été confié à M. Laporte à partir du 1er avril. M. Laporte est attaché depuis plusieurs années au Laboratoire, dont il était en dernier lieu Chef des Travaux préposé aux essais et étalonnements.

» Rappelons à propos des étalonnements, qu'ils sont une des raisons d'être du Laboratoire central d'Électricité, et que l'usage se répand de plus en plus, pour les essais de réception et certaines déterminations, d'exiger pour les instruments de contrôle l'estampille officielle du Laboratoire sous forme de certificats. Ceux-ci sont d'ailleurs admis par les administrations étrangères, ainsi que nous avons pu nous en assurer : on peut, de la province ou de l'étranger, envoyer au Laboratoire des instruments à étalonner.

» Votre Comité a cru devoir donner à l'École annexée au laboratoire le titre d'*École supérieure d'Électricité*, en raison de sa destination et de la qualité des élèves et auditeurs qui la fréquentent.

» La direction de cette École appartient à M. Janet, qui y fait un cours d'Électricité industrielle, assisté de M. Chaumat, Agrégé des Sciences physiques, qui y fait un cours de Mesures.

» MM. Bochet, Baudot, Brunswick, Hillairet, Loppé, Picou, E. Sartiaux, de La Touanne y font une série de conférences, dont le programme a été publié.

» Le nombre des élèves est de 40 (1) pour l'exercice 1896-1897, contre 16 pour l'exercice 1895-1896 et 12 pour l'exercice 1894-1895.

---

(1)

École Centrale	20
École des Mines	3
École Polytechnique	2
Licenciés ès Sciences	3
École d'Arts et Métiers	2
Étrangers	6
Divers	4

» Votre Comité a décidé que, si la Commission du Laboratoire était chargée de la direction et de la surveillance de l'ensemble de cet établissement, il convenait d'instituer une autre Commission chargée plus spécialement de diriger les études et d'assurer l'avenir de l'École supérieure d'Électricité. Cette Commission, dite Conseil de perfectionnement, est présidée par M. Mascart, président, assisté de M. Eugène Sartiaux, secrétaire de la Commission du Laboratoire, et composée du Président de la Société des Électriciens, du Secrétaire général, des Membres fondateurs [1] et des Conférenciers qui donnent leur concours à l'enseignement de l'École.

» Tels sont, Messieurs, les résultats que nous avions à vous communiquer, et qui préparent un heureux avenir à notre Société et à ses différents services. » (*Applaudissements.*)

La parole est donnée à M. Pellat pour exposer une question d'intérêt immédiat.

M. Pellat. — « Messieurs, peut-être quelques-uns d'entre vous ignorent-ils qu'il existe en ce moment une Commission officielle, nommée par le Ministère de l'Instruction publique, pour s'occuper de la décimalisation du temps et de la circonférence.

» Dans sa séance du 17 mars dernier, cette Commission a décidé de proposer au Gouvernement de conserver la division du jour solaire moyen en vingt-quatre heures, mais de diviser chaque heure en 100 parties, subdivisées chacune en 100 autres parties.

» Si cette proposition était adoptée, si une loi rendait obligatoire la division de l'heure en 100 et 10000 parties; si les horloges, les montres, portant la division sexagésimale de l'heure disparaissaient, on demanderait évidemment de modifier aussi l'unité de temps du système C.G.S. et de remplacer la seconde sexagésimale, dans ce système, par la $\frac{1}{1000}$ ou la $\frac{1}{10000}$ partie de l'heure.

» Je n'ai pas besoin d'insister longuement sur l'immense perturbation que produirait une modification de ce genre dans les mesures mécaniques et électriques. L'ampère, le volt, l'ohm, le watt, etc.,

---

(1) Sont considérés comme membres fondateurs : les Administrations, Sociétés ou particuliers qui contribueront à l'entretien et au développement de l'École par une souscription annuelle 1000^{fr} ou par une donation de 10000^{fr}.

étant définis comme le produit par une puissance de 10 de l'unité absolue d'intensité, de force électromotrice, de résistance, de puissance, etc., dans le système actuel, et la modification de l'unité de temps entraînant celle de l'unité de ces grandeurs, il faudrait substituer à l'ampère, au volt, etc, d'autres unités portant d'autres noms, ou, si l'on conservait l'ampère, le volt, etc., ces unités n'auraient plus aucune relation simple avec les unités absolues. L'immense simplification apportée dans les calculs par l'adoption du système C.G.S. disparaîtrait ainsi. Je rappellerai, du reste, qu'à la suite du Congrès des Électriciens de 1881, ce système a été adopté officiellement comme système international, et qu'on ne peut y toucher que par une nouvelle entente internationale.

» La Société française de Physique s'est émue de cette proposition qui bouleverserait notre système de mesures : elle a demandé à ses membres leur avis ; une Commission a été nommée pour recueillir ces avis et pour examiner les moyens de faire entendre, auprès des Pouvoirs publics, la voix d'une catégorie d'intéressés à la question de la décimalisation du temps, qui n'est pas ou presque pas représentée dans la Commission officielle, celle-ci se composant presque entièrement d'astronomes, de marins, de géographes et de directeurs des grandes compagnies de chemins de fer.

» La Société des Électriciens, au moins aussi intéressée que la Société de Physique à la conservation du système C.G.S., pourrait prendre une mesure analogue et, après avoir consulté ses membres, charger le Bureau d'agir auprès du Gouvernement, en demandant, par exemple, au Ministre de l'Instruction publique, de vouloir bien adjoindre un des Membres éminents de notre Société à la Commission officielle. »

M. le Président. — « Messieurs, la Communication que vient de nous faire M. Pellat est de la plus haute importance pour les électriciens, comme il nous l'a si bien montré. Notre Société doit faire entendre ses observations à la Commission et je demanderai d'abord à M. Pellat si M. Mascart n'en fait pas partie. »

M. Pellat. — « Non. »

M. le Président. — « Dans ces conditions il nous semble utile de

le consulter tout d'abord sur la meilleure marche à suivre pour que nous soyons écoutés. En outre, une Commission pourrait être nommée, composée du Bureau et de tous les membres de la Société que la question intéresserait particulièrement et qui voudraient bien nous aider de leurs lumières. Nous rédigerions ainsi un avis qui serait transmis de suite à la Commission, puisque, d'après ce que vient de nous dire M. Pellat, la solution serait assez urgente. Je prie donc ceux de nos collègues présents qui désirent faire partie de cette Commission de se faire inscrire de suite au Bureau.

L'Assemblée se range à cette disposition.

Après avoir invité les Sociétaires qui n'ont pas encore voté à déposer leur bulletin dans l'urne, M. le Président déclare le vote clos et il est procédé à la constitution des bureaux pour le dépouillement du scrutin.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

ACTION PHYSIOLOGIQUE ET THÉRAPEUTIQUE DES COURANTS A HAUTE FRÉQUENCE.

M. d'Arsonval. — « La présente Communication, Messieurs, doit être considérée comme la suite de celle que j'ai eu l'honneur de vous faire en avril 1892 sur les effets physiologiques de l'état variable en général et des courants alternatifs en particulier.

» Ce n'est point pour sacrifier à la mode que j'ai étudié l'action physiologique des hautes fréquences. Cette étude arrivait tout naturellement comme conséquence des recherches que je poursuis depuis l'année 1878 sur le mécanisme de l'excitation électrique des nerfs et des muscles.

» J'ai commencé, en effet, par définir quels étaient les facteurs de l'excitation dans le cas d'une excitation unique. Dans ce cas, j'ai montré l'influence capitale de la forme de l'onde électrique que j'ai appelée *caractéristique de l'excitation*. J'ai poursuivi systématiquement ces recherches en me demandant ce que deviennent les phénomènes d'excitation neuro-musculaire *lorsqu'on augmente indéfiniment le nombre des excitations électriques dans l'unité de temps*. Je me suis d'abord servi d'un alternateur mécanique, décrit brièvement dans ma Communication de 1892, pouvant donner jusqu'à 10000 alternances par seconde.

» Dès 1889-1890 j'ai montré, dans mon cours du Collège de France, qu'à mesure que croît le nombre des excitations l'action sur le système neuro-musculaire augmente également pour atteindre rapidement un maximum. Si l'on continue à augmenter la fréquence des excitations, l'action sur l'organisme va, au contraire, en diminuant. Mais je ne pus supprimer complètement tout phénomène d'excitation sur le nerf avec l'alternateur en question. Ce n'est qu'en décembre 1890 que j'atteignis ce résultat en substituant à mon alternateur l'oscillateur que venait de faire connaître Hertz, et qui permettait d'atteindre des fréquences inespérées.

» Je pus ainsi étudier complètement l'action physiologique des hautes fréquences, et ces résultats étaient exposés, au fur et à mesure, dans mes leçons du semestre d'hiver 1890-1891, au Collège

de France. Je les communiquai un peu plus tard (24 février et 25 avril 1891) à la Société de Biologie.

» Si je rappelle ces dates, c'est simplement pour montrer que la publication de M. Tesla, qui fut faite seulement le 23 mai 1891, à New-York, n'a été pour rien dans mes recherches.

» Comme le disait notre Collègue, M. Hospitalier, le *problème de l'action physiologique des courants de toutes les fréquences* était résolu en France par M. d'Arsonval, bien avant les Communications de M. Tesla.

» C'est du reste ainsi qu'en a jugé l'Académie des Sciences en m'attribuant, à l'unanimité, le prix La Caze en 1893.

» Ces expériences, connues seulement des physiologistes, étaient ignorées de la plupart des électriciens. Cela tenait à ce que, l'énergie électrique qu'on pouvait faire passer à travers le corps par le dispositif de Hertz étant très faible, l'expérience n'était pas saisissante.

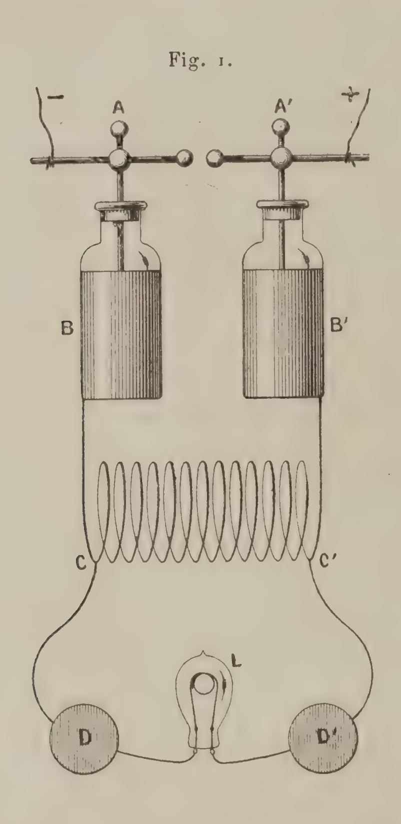
» Dans ses remarquables recherches sur la production de la lumière par les hautes fréquences, Tesla, tout en conservant le principe de l'appareil de Hertz comme générateur, employa un dispositif plus puissant. Le professeur Elihu Thomson généralisa le procédé en le simplifiant considérablement.

» Ces deux dispositifs sont trop connus aujourd'hui pour que je les décrive ici. Ni l'un ni l'autre, néanmoins, ne pouvaient être employés d'une façon constante et vraiment pratique pour le but que je poursuivais, à savoir l'électrisation des êtres vivants et, en particulier, de l'homme.

» La double bobine noyée dans l'huile n'était pas pratique, et la possibilité de mettre en contact le patient, à un moment donné, avec un des pôles du transformateur à basse fréquence m'a fait écarter ces deux procédés pour les remplacer par le suivant, que j'emploie exclusivement en médecine et dont la figure ci-jointe donne le schéma. Ce sont les expériences de M. O. Lodge sur les paratonnerres qui m'en ont donné l'idée. Soit AA′ (*fig.* 1), les armatures internes de deux bouteilles de Leyde montées en cascade. Ces armatures sont réunies à une source d'électricité à haut potentiel (machine statique, bobine Ruhmkorff ou transformateur industriel). Les armatures externes BB′ sont réunies entre elles par un solénoïde CC′ composé d'un gros fil de cuivre ou d'un tube faisant

15 à 20 tours et dont le diamètre varie suivant les circonstances. Chaque fois qu'une étincelle éclate en AA′, un courant oscillant extrêmement énergique prend naissance dans le solénoïde, à tel point qu'en prenant comme pôles ses extrémités C, C′, on obtient un

Fig. 1.



courant qui peut allumer au blanc 5 à 6 lampes à incandescence L, tenues entre deux personnes placées en D, D′. Ces lampes, dans l'expérience que je vous montre, exigent, pour s'allumer au point où vous les voyez, une différence moyenne de potentiel de 900 volts et une intensité de plus d'un ampère.

» Dans ces conditions, l'action sur les nerfs sensibles et sur les muscles est, comme vous le voyez, absolument nulle.

» On varie à volonté l'intensité du courant qui traverse le corps en prenant un nombre variable des spires du solénoïde. Ce dispositif est absolument sans dangers, puisque, d'une part, l'opérateur ne peut être en rapport avec la basse fréquence qui arrive en A et A′, et que, d'autre part, si le condensateur venait à crever durant

l'expérience, le solénoïde formerait court-circuit entre les pôles du transformateur.

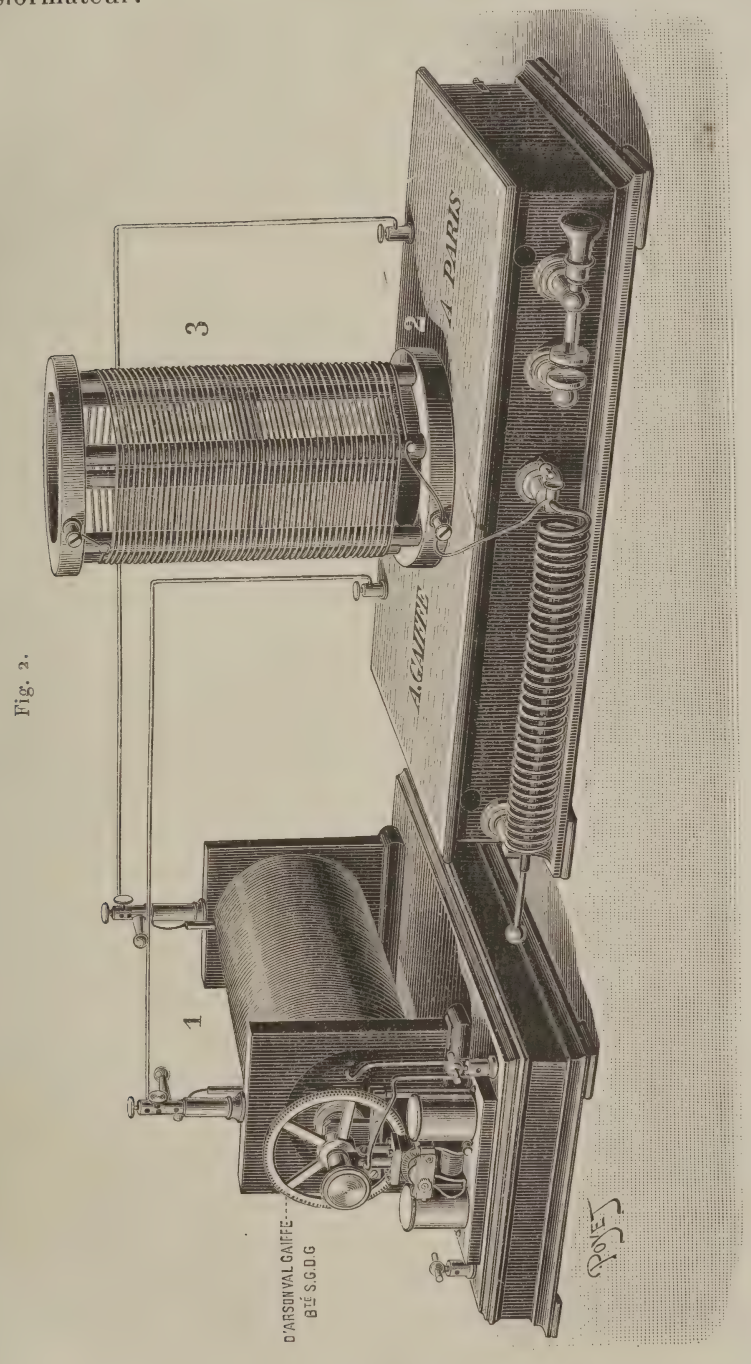


Fig. 2.

» On peut obtenir, entre les deux extrémités du solénoïde, des

étincelles de 4 à 6^{cm} de longueur, tension plus que suffisante dans la plupart des applications médicales, ce qui évite d'avoir recours à un transformateur noyé dans l'huile. On peut augmenter la longueur des étincelles en employant, comme le fait le Dr Oudin, un deuxième solénoïde (n° 3 de la *fig.* 2) qui forme résonateur.

» On peut faire fonctionner l'appareil de deux façons différentes. Pour les installations portatives, j'utilise, comme source d'électricité, une bobine de Ruhmkorff pouvant fournir de 100 à 200 watts dans le circuit d'utilisation.

» Pour éviter le collage du trembleur, j'ai fait établir une modification à l'appareil classique par mon habile constructeur M. Gaiffe. La pointe qui correspond à l'enclume, au lieu d'être fixe, est animée d'un mouvement de rotation continue sur elle-même, grâce à un petit moteur qui fait tourner la roue dentée portant le contact de platine.

» La *fig.* 2 est suffisamment explicite.

» Ce moteur est mis en mouvement par une dérivation du courant continu animant la bobine. Le collage est ainsi rendu impossible. Quant aux condensateurs reliés en cascade, ils se composent de deux condensateurs plans logés dans la boîte voisine de la bobine qui porte sur le côté le solénoïde et l'exploseur ainsi que le montre la *fig.* 2.

» En employant la bobine de Ruhmkorff actionnée par des accumulateurs, il n'est pas besoin de souffler l'étincelle, mais l'énergie disponible est limitée à quelques centaines de watts. Cet appareil est néanmoins suffisant pour la plupart des applications thérapeutiques. Pour la haute fréquence, il n'est point nécessaire d'avoir de longues étincelles; il vaut mieux des interruptions rapides et de la quantité. Quand on veut de longues étincelles, il faut interrompre le courant primaire dans un liquide comme l'avait fait Foucault. On substitue avec avantage le cuivre rouge au platine et l'eau à l'alcool. La meilleure interruption est donnée par le frottement cuivre rouge sur cuivre rouge dans l'eau. Une roue de Masson tournant dans l'eau constitue un excellent interrupteur pour étincelles longues et fréquentes.

» On obtient des effets incomparablement plus puissants en employant le courant alternatif à basse fréquence provenant d'un secteur ou d'un alternateur quelconque.

» J'ai éprouvé un certain nombre de difficultés quand j'ai voulu utiliser le courant du secteur de la rive gauche, à 110 volts et 42 périodes, pour marcher d'une façon continue comme cela était nécessaire quand j'ai voulu voir comment se comportaient les êtres vivants dans ces conditions.

» J'ai pu les éliminer successivement et vous avez sous les yeux une installation de 3000 watts qui me donne entière satisfaction. Cette installation est actionnée par le courant alternatif du secteur de la rive gauche à 110 volts et 42 périodes.

» Ce courant arrive au primaire d'un transformateur construit spécialement pour moi par M. Labour, et qui est noyé dans une caisse métallique remplie de paraffine. Le primaire peut absorber 30 ampères sous 110 volts. Le circuit secondaire donne 15000 volts et 2 dixièmes d'ampère. Le transformateur est à circuit magnétique fermé, type Labour.

» Ici s'est présenté un gros inconvénient. Les deux boules terminant le déchargeur sont en communication avec les armatures internes des deux condensateurs et aussi avec le circuit à haute tension du transformateur.

» Il en résulte qu'à chaque fois qu'éclate l'étincelle le transformateur se trouve fermé sur lui-même. On a beau souffler l'arc avec un jet d'air ou un champ magnétique, cet arc laisse passer non seulement le courant à haute fréquence, mais aussi le courant à basse fréquence émanant directement du transformateur. Les boules du déchargeur sont rapidement détruites, le transformateur peut être brûlé, et l'on consomme inutilement du courant.

» Dans un premier dispositif, j'avais évité ces deux inconvénients en coupant le circuit à haute tension du transformateur [1] par un premier condensateur, de capacité variable, suivant l'énergie dont on veut disposer; le deuxième condensateur, qui est le siège des oscillations électriques et qui porte le déchargeur, se trouve monté en série avec le premier qui constitue *le condensateur de garde*. De cette manière, jamais le transformateur n'est fermé sur lui-même. En réglant convenablement les capacités du condensateur de garde et du condensateur à haute fréquence, il n'est plus nécessaire de

---

[1] Voir *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 6 juillet 1896.

souffler l'étincelle constituée uniquement, dans ce cas, par des décharges à haute fréquence.

» Ce dispositif, quoique efficace, est un peu compliqué, et je lui préfère aujourd'hui le suivant qui est celui qui fonctionne sous vos yeux. Il consiste simplement à intercaler *en série*, avec le primaire du transformateur, une bobine à self-induction variable par le déplacement d'un noyau de fer doux, de dimensions appropriées, dans son intérieur. Vous pouvez voir qu'en manœuvrant ce noyau de fer doux je limite à volonté l'énergie traversant le transformateur, et que de plus je souffle l'arc à volonté en rendant la décharge oscillante. Ce dispositif très simple est absolument efficace.

» Pour pouvoir marcher indéfiniment sans crever les condensateurs il suffit de prendre deux jarres cylindriques de Leyde, de coller les armatures internes d'étain *avec du suif* et de remplir ensuite la bouteille avec de l'eau que surmonte une couche d'huile de vaseline. Dans ces conditions, l'appareil peut fonctionner nuit et et jour sans aucun arrêt pour les expériences de longue haleine.

» En examinant la décharge dans un miroir tournant porté par l'axe d'un moteur synchrone faisant quarante-deux tours par seconde (vitesse périodique du secteur) on a une image fixe dans l'espace. On voit alors que le nombre de décharges données par le condensateur, durant une période, est proportionnel à l'intensité du courant qui traverse le transformateur. De telle sorte qu'on peut, *sans changer la fréquence*, augmenter à volonté l'énergie disponible par le simple déplacement du noyau de fer doux dans la bobine de self.

» Les effets que l'on obtient dans ces conditions sont vraiment surprenants, comme vous pouvez en juger.

» 1° Voici un solénoïde de 80^{cm} de diamètre, présentant sept tours d'un câble de 15^{mmq}, qui est parcouru par la décharge oscillante provenant du condensateur. Le transformateur absorbe en ce moment 10 ampères sous 110 volts, soit 1100 watts. Huit lampes de 110 volts, 1 ampère, placées en dérivation sur le solénoïde, sont allumées au blanc éblouissant. Le rendement en énergie lumineuse de la haute fréquence est très bon, soit dit en passant.

» En mesurant, comme je l'ai fait, la puissance dépensée au compteur général, d'une part, et l'intensité lumineuse des lampes

allumées alternativement *au même point,* tantôt par la basse fréquence, tantôt par la haute fréquence, la consommation accusée par le compteur augmente relativement peu dans le second cas, malgré les transformations multiples du courant. Je reprendrai ultérieurement ces mesures d'une façon plus précise.

» 2° On approche du solénoïde une lampe de 20 volts 1 ampère, fermant le circuit d'une seule spire de gros fil; elle s'allume au blanc éblouissant à plus d'un mètre du solénoïde.

» 3° Un seul tour de fil, placé dans le solénoïde, allume deux lampes de 110 volts placées en série, etc....

» 4° J'environne de deux ou trois tours de gros fil, parcouru par la haute fréquence, le réservoir d'un thermomètre à mercure. En quelques secondes, nous arrivons à la température d'ébullition du mercure par induction. Je m'étais servi de ce procédé, au début de mes recherches, pour mesurer l'intensité du champ dans le solénoïde.

» Si j'insiste sur la puissance d'induction d'un solénoïde parcouru par les courants à haute fréquence, c'est que j'ai mis ce phénomène à profit pour instituer un procédé d'électrisation du corps humain entièrement nouveau en Électrothérapie et très efficace. J'ai donné à ce procédé le nom d'*auto-conduction* (1).

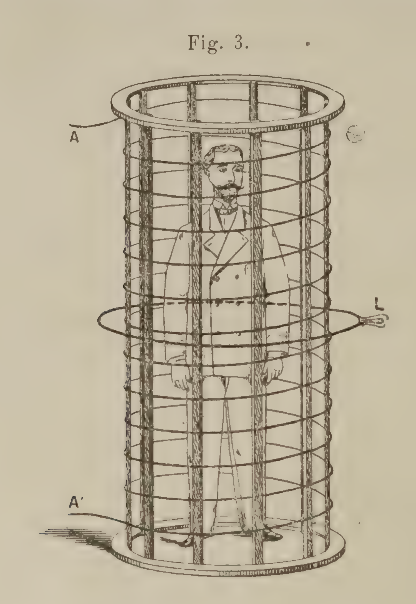
» Il consiste à enfermer l'être à électriser dans un solénoïde, sans aucune communication métallique avec lui (*fig.* 3 et 4). Ce solénoïde étant parcouru par le courant à haute fréquence, induit des courants énergiques non seulement à la surface, mais dans les plus petites particules du corps humain, comme je le montrerai plus bas. On peut s'en rendre compte par les expériences suivantes :

» Si, étant placé dans le solénoïde, un homme arrondit les bras de façon à former un circuit circulaire complété par une petite lampe à incandescence dont les extrémités du filament correspondent aux deux mains; cette lampe s'allume par suite du courant induit dans les bras. Pour que l'expérience réussisse bien, il faut tremper chaque main dans un vase contenant une solution saturée de chlorhydrate d'ammoniaque légèrement alcaline. Cette solution

(1) Voir *Société de Biologie,* 4 février 1893.

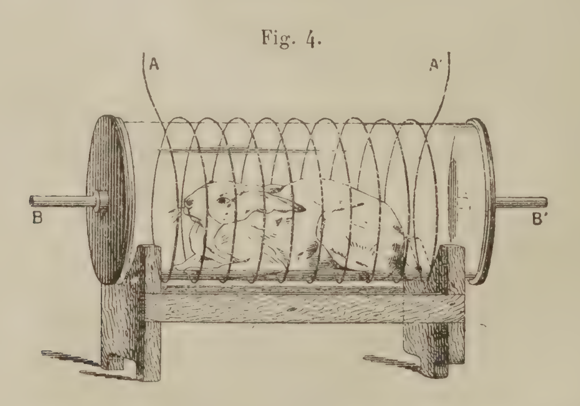
fait tomber la résistance d'une main à l'autre, à moins de 600 ohms pas imbibition de l'épiderme. Comme la force électromotrice moyenne

Fig. 3.



induite par le solénoïde, dans une seule boucle peut dépasser 100 volts, on voit que l'intensité du courant engendré dans les bras peut atteindre $\frac{100}{600} =$ 166 milliampères environ.

Fig. 4.



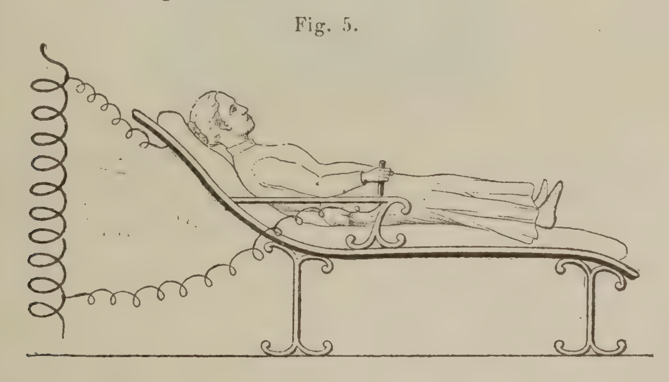
» On peut répéter la même expérience en formant un circuit circulaire avec plusieurs animaux placés en série ; l'anguille de rivière convient très bien pour cette expérience, vu sa forme allongée. Ce procédé d'électrisation ne donne absolument aucune sensation, bien qu'il agisse très énergiquement sur l'organisme, comme nous allons le voir.

» Une deuxième méthode d'électrisation avec la haute fréquence consiste à relier le segment du corps à électriser aux extrémités du solénoïde à l'aide d'électrodes appropriées. On gradue l'intensité du courant en prenant un nombre variable de spires. L'action sur la sensibilité est nulle aussi dans ce cas si le circuit est continu.

» Si, au contraire, on crée une interruption en un point quelconque du circuit métallique, chaque fois que l'étincelle éclate, les muscles se contractent, mais sans douleur. On peut tirer également des étincelles du corps de l'individu placé dans le solénoïde.

» Une troisième méthode consiste à agir par condensation. Le sujet, dans ce cas, constitue l'armature d'un condensateur dont l'autre armature est très voisine de lui. C'est le dispositif que réalise la chaise longue que vous avez sous les yeux (*fig.* 5). On arrive facilement à faire traverser le système par un courant moyen de plus de 300 milliampères.

Fig. 5.

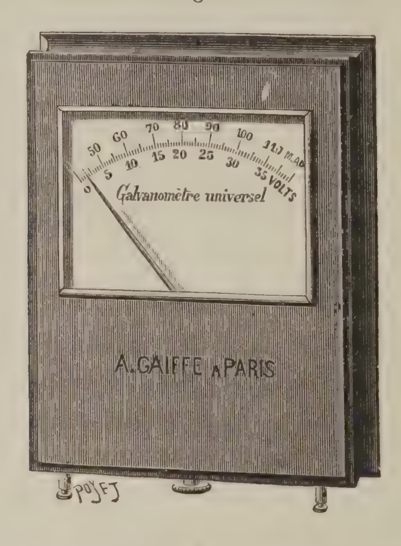


» La haute fréquence permet également le passage du courant dans des circuits ouverts. Si faible, en effet, que soit leur capacité, la charge et la décharge répétées des centaines de mille fois par seconde, sous un potentiel élevé, représentent un courant moyen notable. C'est ce qui explique les courants unipolaires et les étincelles que l'on obtient en touchant un seul point du solénoïde. Ces applications unipolaires sous formes d'aigrettes et d'effluves donnent des résultats importants dans nombre de cas et, notamment, lorsqu'il s'agit de modifier certains états du tégument externe dans les maladies de la peau et des muqueuses.

» Pour mesurer l'intensité de ces courants, je me sers du galvano-

mètre que vous avez sous les yeux et qui est une modification du Cardew (*fig.* 6). Il porte une double graduation en milliampères et en volts. Il sert aussi bien à la mesure des courants continus qu'à celle des courants alternatifs de toutes les fréquences puisqu'il est dénué de self-induction. C'est un instrument universel très commode en Électrothérapie.

Fig. 6.



» Pour les courants très intenses parcourant le solénoïde, je procède à leur mesure de la façon suivante. Le solénoïde est constitué par un tube creux très mince, plein d'air. Ce tube constitue le réservoir d'un thermomètre différentiel de Leslie qui mesure son propre échauffement. On le gradue empiriquement à l'aide d'un courant à basse fréquence dont on mesure l'intensité à l'aide d'un ampèremètre ordinaire placé en série avec le solénoïde.

» Telles sont les dispositions essentielles pour la production et l'utilisation pratique des courants à haute fréquence. Je vais, à présent, vous indiquer rapidement les principaux effets de ces courants au point de vue de leur action sur l'organisme.

» Que ces courants soient appliqués directement, par condensation ou par autoconduction, les effets généraux sont sensiblement les mêmes, à l'intensité près :

» 1° L'effet le plus singulier et le plus frappant des courants à haute fréquence, c'est leur absence totale d'action sur la sensibilité. Leur passage, même à intensité formidable, ne provoque à travers

l'organisme ni sensation consciente ni mouvement d'aucune espèce. Je le démontre, comme vous le voyez ici, par exemple, en faisant allumer, entre deux individus, quatre lampes à incandescence de 125 volts 1 ampère.

» La sensation est nulle. On peut aller jusqu'à 3 ampères; mais, au-dessus de cette intensité, on éprouve dans les poignets une sensation de chaleur désagréable.

» Aussi, en présentant mes expériences à l'Académie des Sciences, il y a cinq ans, M. Cornu ajoutait : « M. d'Arsonval nous a rendus » témoins, M. Marey et moi, des principaux résultats consignés » dans la Note précédente. Nous avons été particulièrement frappés » de l'expérience dans laquelle six lampes (125 volts — 0,8 ampère) ont été portées à l'incandescence dans le circuit formé par » nos bras, circuit formant dérivation sur les extrémités du solénoïde » induit par les décharges oscillantes. Nous n'avons pas éprouvé la » moindre impression par le passage du flux électrique auquel nous » étions soumis; on ne pouvait cependant pas douter de l'énorme » quantité d'énergie traversant notre corps (900 volts $\times$ 0,8 ampère $=$ 720 watts); elle se manifestait soit par l'incandescence » des lampes, soit par les étincelles vives et nombreuses qui se » produisaient à la rupture du circuit. Cette même quantité d'énergie électrique, transmise sous forme de courants alternatifs à » longues périodes (de 100 à 10000 par seconde), aurait suffi pour » nous foudroyer; dans les conditions ci-dessus, elle ne produisait » aucune sensation appréciable. »

» Appliqué localement, à la surface de la peau ou des muqueuses, de manière à produire une effluve ou une pluie de feu, le courant à haute fréquence amène rapidement sur les parties touchées un degré d'insensibilité qui peut aller jusqu'à l'anesthésie complète. Cette insensibilité ne pénètre pas profondément et persiste seulement de quelques minutes à un quart d'heure. On constate le même phénomène sur les nerfs mis à nu, ainsi que je l'avais signalé dès le début de mes recherches avec l'oscillateur de Hertz. Le nerf moteur musculaire n'était pas excité par les vibrations hertziennes, mais il était anesthésié au point de ne pouvoir répondre de quelque temps aux autres genres d'excitations. Ce mode d'anesthésie superficielle est susceptible de rendre des ser-

vices soit dans les cas d'opérations légères, soit pour calmer des névralgies superficielles.

» L'action de l'effluve à haute fréquence a donné des résultats remarquables, surtout dans les maladies superficielles de la peau s'accompagnant de plaies et d'éruptions diverses, tels qu'ulcères superficiels, syphilides, diverses formes d'eczéma, etc....

» Le Dr Oudin, à Paris, et surtout le Dr Coignet et le professeur Gailleton, de Lyon, ont donné des observations absolument remarquables de la rapidité avec laquelle disparaissent certaines dermatoses sous l'influence de l'effluve à haute fréquence.

» 2° L'action la plus remarquable de la haute fréquence, c'est l'activité extraordinaire qu'elle imprime aux échanges nutritifs et à la vie cellulaire.

» J'ai démontré cette action importante de plusieurs manières :

» A. En analysant sur l'homme et les animaux les produits de la combustion respiratoire avant et après l'action de la haute fréquence; on voit augmenter dans des proportions considérables l'oxygène absorbé, et l'acide carbonique émis par la respiration dans l'unité de temps. Ce volume a pu passer chez moi de 17 litres à 37 litres à l'heure, et il est possible d'obtenir des nombres plus élevés. Cette augmentation des combustions respiratoires se retrouve également dans l'augmentation du chiffre de l'urée, ainsi que le montrent les centaines d'analyses d'urine faites par les docteurs Apostoli, Charrin, etc....

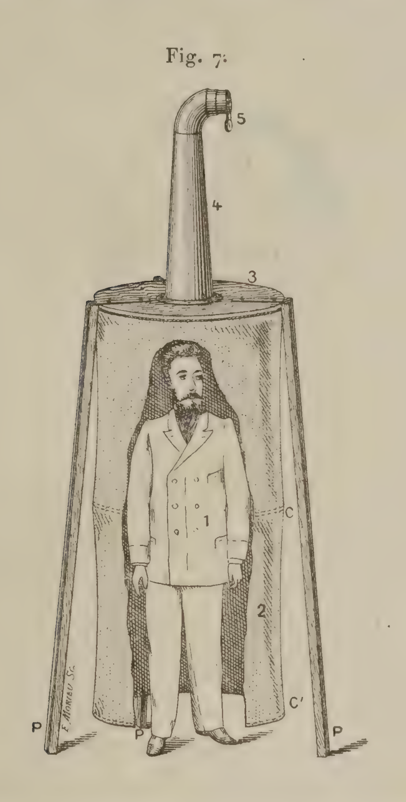
» B. Cette suractivité se traduit également par une augmentation de la chaleur émise par le corps, ainsi qu'il est facile de s'en assurer à l'aide de l'appareil que j'ai appelé *anémo-calorimètre*. Il consiste (*fig.* 7) en un très grand solénoïde vertical dans l'axe duquel se place le sujet. A l'*intérieur* du solénoïde (non représenté sur la figure) se trouve un manchon athermane constitué par un drap épais.

» Ce manchon se termine à la partie supérieure par un disque de bois portant une cheminée sur laquelle on ajuste un anémomètre Richard très sensible (*fig.* 8). Sous l'influence de la chaleur dégagée par l'individu, un courant d'air s'établit dans la cheminée et l'anémomètre en mesure le débit.

» On gradue empiriquement l'instrument en remplaçant l'homme

par une source de chaleur connue (résistance traversée par un courant). Cet appareil est extrêmement sensible; la présence d'un homme dans l'appareil fait faire au moulinet plus de 12000 tours à l'heure. Les indications en sont très rapides et cinq minutes d'observation suffisent pour faire une expérience comparative. On constate que la chaleur émise par le corps humain avant et après

Fig. 7.

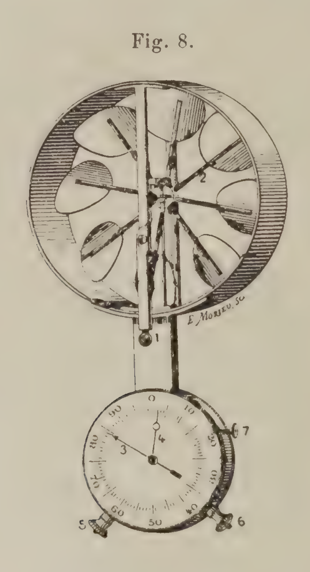


l'électrisation peut varier, comme elle l'a fait chez moi, de $79^{Cal},6$ à $127^{Cal},4$ par heure, à la température moyenne de 17°. Inutile de dire que l'on s'est assuré que le passage du courant dans le solénoïde dégage une quantité de chaleur négligeable, dont on a tenu compte d'ailleurs. Malgré cette augmentation des combustions respiratoires, la température centrale de l'organisme s'élève à peine, car l'excédent de chaleur est perdu par rayonnement et évaporation, par suite des modifications circulatoires importantes que provoque la haute fréquence.

» C. L'exagération des combustions organiques peut être mise en évidence également par la balance qui mesure la perte de poids

subie par les animaux. J'ai placé le solénoïde renfermant l'animal en expérience sur le plateau d'une balance enregistrante Richard. Voici quelques-uns des résultats que j'ai obtenus : un petit cochon d'Inde placé dans le solénoïde, non parcouru par le courant, a perdu 6^{gr} de son poids en seize heures. On rend le solénoïde actif; le cochon d'Inde a perdu alors 30^{gr} de son poids dans le même espace

Fig. 8.



de temps (seize heures). Je supprime de nouveau le courant; il se passe alors un phénomène assez inattendu : l'animal *gagne en poids* pendant deux heures. Au bout de ce temps, il a augmenté de 1^{gr} environ. Regnault et Reiset ont constaté un phénomène analogue chez certains de leurs animaux, qui, pendant le sommeil, fixaient plus d'oxygène qu'ils n'éliminaient d'acide carbonique et de vapeur d'eau. Après ces deux heures, la perte de poids reprend sa marche, tout en restant plus faible. Ce n'est guère qu'une demi-heure après l'établissement du courant que la perte de poids prend son régime uniforme. Les animaux étaient placés dans un solénoïde disposé pour recevoir leurs déjections, qui tombaient dans de l'huile, de façon à éviter l'évaporation. L'échauffement de la cage, dû au courant seul, n'élevait pas sa température de 1°, élévation absolument sans influence sur l'animal. Le second cobaye perdait 6^{gr} de son poids en cinq heures, à l'état normal, et 24^{gr} dans le même temps, quand le courant passait. Un lapin a perdu 48^{gr} en huit heures dans

la haute fréquence et seulement 23gr durant le même temps, à l'état normal.

» La perte de poids semble donc être plus accentuée pour les animaux de petite taille, sous l'influence du courant.

» 3° Nous venons de voir que la haute fréquence était sans action consciente sur les nerfs de la sensibilité générale et du mouvement musculaire; il ne faudrait pas en conclure que tous le appareils nerveux sont dans le même cas. Le système nerveux vaso-moteur, celui qui met en jeu la contractilité des vaisseaux artériels et veineux, est, au contraire, éminemment excitable par les courants à haute fréquence. Sous leur action, on voit, par exemple chez le lapin, les vaisseaux de l'oreille se dilater très rapidement comme après la section du grand sympathique. Cet effet est suivi, un peu plus tard, d'une contraction énergique.

» Le sphygmographe de Marey, le sphygmomanomètre de Potain, appliqués sur l'homme, donnent des indications identiques. On voit la pression sanguine s'abaisser d'abord, puis, peu après, se relever et se maintenir à ce taux élevé; en faisant une légère incision à l'extrémité de la patte d'un lapin, on voit le sang couler beaucoup plus abondamment après le passage du courant. Le manomètre à mercure, mis en rapport direct avec une artère, chez les animaux, donne les mêmes indications.

» Ces faits montrent d'une façon indubitable que les courants à haute fréquence pénètrent profondément dans l'organisme au lieu de s'écouler simplement à la surface; nous en verrons, d'ailleurs, des preuves directes. Leur innocuité ne peut donc s'expliquer par cette raison, comme je l'ai montré dès le début de mes recherches.

» 4° Ce n'est pas par l'intermédiaire seulement du système nerveux ou des centres vaso-moteurs que la haute fréquence exagère les fonctions vitales. Cette suractivité porte sur la cellule elle-même et sur le protoplasma directement. Pour en avoir la preuve, je me suis servi d'êtres monocellulaires, comme la levure de bière et les différents bacilles. Les résultats ont été les mêmes. Avec mon assistant, le Dr Charrin, nous avons étudié l'action de la haute fréquence sur les bacilles pathogènes et, entre autres, sur le bacille du pus bleu, ou bacille pyocyanique.

» Les courants à haute fréquence atténuent très nettement ce

bacille au bout de quelques minutes. La fonction chromogène est tout d'abord supprimée; si l'expérience dure une demi-heure, on arrive à tuer le bacille. Les cellules végétales sont également influencées par la haute fréquence, ainsi que le montrent des expériences en cours d'exécution, mais ce ne sont pas seulement les bacilles qui sont influencés par ces courants. Leur action modifie d'une façon non moins profonde leurs produits de sécrétion, ce qu'on appelle les *toxines* microbiennes.

» Voici ce que nous en disions, Charrin et moi, dans une Note présentée le 10 février 1896 à l'Académie des Sciences :

» Nous avons précédemment étudié l'action des diverses modalités de l'énergie électrique sur les microbes, nous avons poursuivi depuis cette étude en l'étendant aux toxines sécrétées par ces microrganismes. Cette Note a pour but de faire connaître les résultats auxquels nous sommes déjà arrivés dans cette voie nouvelle.

» Quelques essais ont été tentés dans le même sens, notamment par MM. Smirnoff et Kruger. Ces auteurs se sont bornés à employer une seule modalité électrique : *le courant continu*. Cette forme particulière de l'énergie électrique se prête très mal à une étude de la question, parce que le passage du courant continu à travers un liquide contenant des toxines bactériennes se complique forcément de phénomènes d'ordre chimique.

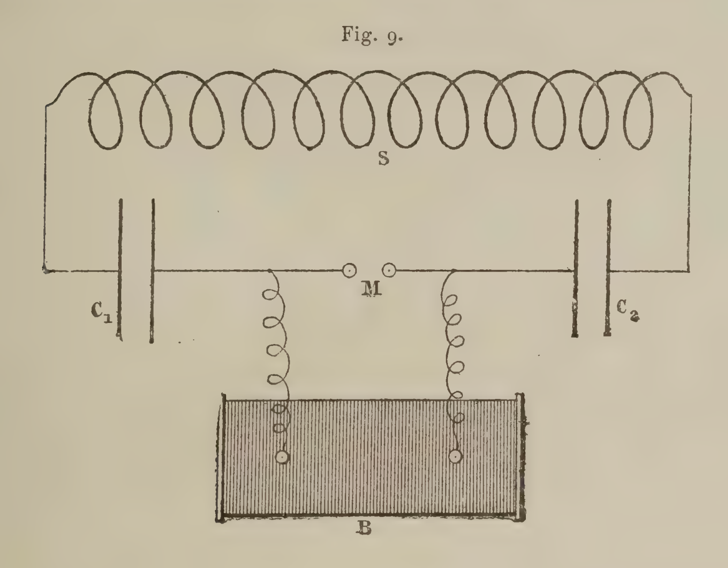
» Indépendamment des produits *polaires* de l'électrolyse, il y a, dans l'espace interpolaire, toute une série de décompositions et de combinaisons chimiques qu'engendre le transport des ions. Il est donc impossible, avec le courant continu, de faire la part qui revient exclusivement à l'électricité dans les phénomènes observés.

» Des expériences préliminaires que nous ne rapporterons pas ici, faites, d'une part, avec le courant continu et, d'autre part, avec le courant induit direct ou l'extra-courant d'une bobine, nous ont montré que les modifications imprimées aux toxines n'étaient nullement en rapport avec la *quantité* d'électricité les ayant traversées. Avec des courants induits, *toujours dirigés dans le même sens*, et s'accompagnant par conséquent d'électrolyse, le passage de 7 coulombs a produit des modifications plus profondes que celui de 78 coulombs provenant du courant continu. Cette expérience nous a donc clairement montré que l'ébranlement moléculaire produit par les

décharges électriques provenant de la bobine était un agent modificateur infiniment plus actif que l'électrolyse.

» Pour éliminer toute action d'ordre électrolytique, c'est-à-dire d'ordre chimique, nous avons en conséquence été conduits à adopter la modalité électrique qui produit les ébranlements les plus rapides que l'on connaisse : *les courants alternatifs à haute fréquence*. Le dispositif employé (*fig.* 9) est celui que M. d'Arsonval a signalé antérieurement à l'Académie dans une Note en date du 3 juillet 1893.

Fig. 9.



» L'appareil se compose, en principe, d'un transformateur B, à haut potentiel et basse fréquence, dont le secondaire est relié aux armatures intérieures de deux condensateurs C_1, C_2, reliés eux-mêmes à un déchargeur à boules M. Les armatures extérieures de ces condensateurs sont reliées en cascade par un solénoïde S. Des extrémités du solénoïde partent deux fils de platine, qui amènent le courant à haute fréquence à un tube en U, en verre, qui contient la toxine. Ce tube est plongé lui-même dans un vase contenant de l'eau glacée, qui empêche tout échauffement du liquide pendant le passage du courant. La fréquence est, comme on le sait, fonction de la capacité conjuguée des condensateurs C_1, C_2 et de la self-induction du solénoïde S. Dans les expériences rapportées ci-dessous, la fréquence, calculée d'après la formule de Thomson, est de 225000 oscillations par seconde.

» L'intensité *efficace* du courant traversant la toxine, mesurée au moyen d'un galvanomètre spécial [1], était de 0,75 ampère; et la densité *moyenne* du courant de 250 milliampères par centimètre carré. Ces chiffres ne donnent que l'intensité *efficace* du courant; quant à l'intensité *initiale*, elle est infiniment supérieure et dépasse certainement 50 ampères.

» L'électricité passe donc à travers la toxine par *pulsations alternatives* extrêmement rapides et extrêmement intenses. Il est dès lors facile de comprendre de quelle puissance est ce branle-bas *totius substantiœ* imprimé à la toxine.

» Voici le résultat de quelques-unes de nos expériences :

» *Expérience I.* — Nous avons soumis au courant de haute fréquence, pendant un quart d'heure, une toxine diphtérique très active. Nous en avons injecté $2^{cc},5$ à trois cobayes, et la même dose, *avant électrisation*, à trois cobayes témoins. Le résultat a été des plus nets : les trois témoins sont morts en vingt, vingt-cinq et vingt-six heures. Des trois cobayes ayant reçu la toxine électrisée, un a survécu durant trois jours; les deux autres sont vivants à la date du 10 février, soit douze jours après.

» Trois autres cobayes ayant reçu $2^{cc},5$ de la même toxine électrisée étaient survivants sept jours après l'injection et ont servi à l'expérience n° III.

» En somme, les trois témoins sont morts rapidement et, des six animaux injectés avec la toxine électrisée, un seul est mort trois jours après l'injection seulement. L'atténuation de la toxine diphtéritique par la haute fréquence est donc évidente.

» *Expérience II.* — Mêmes expériences avec la toxine pyocyanique injectée à la dose de 3^{cc}. Le témoin est mort trente-six heures après l'injection. Tous les cobayes (au nombre de quatre) injectés avec la même dose de toxine pyocyanique électrisée ont survécu.

» Il est donc très nettement démontré que ces toxines sont profondément atténuées par les courants à haute fréquence. Ce fait est important, en ce sens qu'on peut espérer que cette atténuation pourra être faite *directement dans l'organisme malade*. Cette possibilité résulte de ce fait, mis en évidence par M. d'Arsonval, à savoir que le corps de l'homme peut être traversé par des courants de haute fréquence extrêmement puissants sans provoquer aucun phénomène

---

[1] Voir ma Note à l'Académie en date du 15 juillet 1895. D'ARSONVAL.

douloureux ou moteur. Mais il y a plus. Non seulement ces toxines peuvent être atténuées par la haute fréquence, mais bien mieux, *après l'électrisation, elles deviennent des substances immunisantes, des vaccins,* comme le démontrent les expériences suivantes :

» *Expérience III.* — Le 3 février, on inocule $0^{cc},5$ de culture diphtéritique très active à trois cobayes ayant reçu il y a sept jours $2^{cc},5$ de toxine diphtéritique soumise à la haute fréquence (*Expérience I*). On inocule de même trois cobayes témoins. Le 5 février, deux témoins succombent; le troisième témoin meurt le 6 février. Le 7, un des trois cobayes vaccinés meurt également. Quant aux deux autres cobayes, ils sont actuellement bien portants (10 février), sept jours après l'injection.

» Il est juste de remarquer que ces animaux ont été inoculés uniquement dans le but de juger de l'atténuation des toxines électrisées et non dans celui de vacciner ces animaux. Si nous avions, suivant la règle adoptée en pareil cas, procédé par doses minimes d'abord, puis progressivement croissantes, nous aurions sans doute réalisé une immunité plus complète.

» *Expérience IV.* — Trois cobayes ayant reçu depuis dix jours 3^{cc} de toxine pyocyanique électrisée sont inoculés avec 2^{cc} de culture pyocyanique vivante. On inocule de même deux cobayes témoins. Les témoins meurent l'un trente-six heures, l'autre quarante-huit heures après l'injection.

» Quant aux trois animaux vaccinés, ils sont actuellement vivants, huit jours après l'injection.

» La toxine pyocyanique s'atténue donc par la haute fréquence comme celle du bacille de Löffler. Cette atténuation varie évidemment suivant l'énergie du courant et la durée de l'électrisation. Avec le courant que nous avons employé, au bout d'un quart d'heure, la toxicité est diminuée de moitié environ.

» Quoi qu'il en soit, nous pouvons conclure de ces faits :

» 1° *Que la haute fréquence atténue les toxines bactériennes;*

» 2° *Que les toxines ainsi atténuées augmentent la résistance des animaux auxquels on les injecte.*

» Cette action particulière des courants à haute fréquence a été confirmée de divers côtés et nous en poursuivons l'étude. Les différents venins (vipère, cobra, etc.) se comportent comme les toxines et sont atténués par la haute fréquence, ainsi que je l'ai prouvé avec M. Phisalix pour les venins de la vipère et du serpent cobra. On a

objecté (M. Marmier) que, pour la toxine diphtéritique, l'atténuation était due à l'échauffement de la solution par le passage du courant.

» Cette objection n'a aucune valeur, car jamais, dans nos expériences, la température des toxines n'a atteint 37°, c'est-à-dire la température normale des animaux.

» De plus, cette objection tombe devant les deux faits suivants : la haute fréquence atténue, d'une part, les toxines congelées et détruit, d'autre part, la virulence du venin de cobra. Or, pour détruire ce dernier venin il faut le chauffer pendant au moins trois heures à + 150°, c'est-à-dire à une température qu'on ne saurait atteindre en opérant à l'air à la pression normale.

» 5° Les expériences cliniques se poursuivent actuellement un peu de tous les côtés et dans tous les pays; les résultats déjà obtenus confirment pleinement les indications données par la Physiologie, à savoir la puissante action que ces courants exercent sur la nutrition.

» Voici quelques résultats que j'ai publiés à titre de document, l'année dernière, à l'Académie des Sciences :

» Les courants à haute fréquence agissent puissamment pour augmenter l'intensité des combustions organiques, ainsi que je l'ai démontré précédemment. J'ai pensé, dès lors, que cette modalité particulière de l'énergie électrique donnerait de bons effets dans cette classe particulière de maladies, si bien étudiées par mon savant confrère et ami, le professeur Bouchard, sous le nom de *maladies par ralentissement de la nutrition*. Certaines formes du diabète sucré, la goutte, le rhumatisme, l'obésité, etc., sont dans ce cas.

» J'ai donc institué, depuis le commencement de cette année, une série de recherches cliniques sur ce sujet. Les expériences ont lieu à l'Hôtel-Dieu, dans le service dirigé par mon assistant, le Dr Charrin, et sous son contrôle, au point de vue médical. Les résultats obtenus jusqu'ici ont si complètement répondu à mon attente que je crois devoir en signaler quelques-uns dès maintenant.

» Voici dans quel esprit sont instituées ces recherches et quelle a été la marche suivie : je rejette complètement tous les résultats mettant en jeu l'appréciation du malade, pour tenir compte, exclusivement, des modifications physico-chimiques ou cliniques exacte-

ment et objectivement mesurables. J'élimine ainsi complètement les améliorations subjectives qui pourraient être attribuables à la suggestion. Cette cause, qu'invoquent trop légèrement certains médecins pour expliquer des cures indéniables dues à l'électricité, n'a aucune part dans les faits que je vais signaler. D'ailleurs, les résultats positifs, obtenus précédemment chez les animaux et que nous allons retrouver chez nos malades, écartent *a priori* cette objection.

» Les observations ci-dessous se rapportent à deux diabétiques et un obèse.

» Les variations de la température ont été prises deux fois par jour, de même que la pression artérielle, qui a été mesurée à l'aide du sphygmomanomètre de notre confrère, le professeur Potain.

» L'analyse des urines a été faite par M. Guillemonat, interne du service, qui a procédé de la façon suivante : chaque jour, sur l'urine émise dans les vingt-quatre heures, on prélève un cinquième, par exemple, du volume total. Tous les cinq jours, on fait une analyse. Par ce procédé, on a une moyenne qui élimine les causes d'erreur dues aux oscillations journalières de la diurèse. Les précautions sont prises naturellement pour mettre ces urines à l'abri de la décomposition.

» Le coefficient urotoxique de ces urines, coefficient dont on connaît aujourd'hui toute l'importance, grâce aux travaux de M. Bouchard, a été pris dans son laboratoire même par M. Charrin.

» Enfin l'application du courant a été faite avec grands soins, sur mes indications, par M. Bonniot, externe du service, un de mes auditeurs et élève des docteurs Tripier et Apostoli. Toutes les précautions, en un mot, ont été prises pour donner à ces observations le caractère de précision qui doit en assurer la valeur.

» Dans les observations ci-dessous, c'est le procédé par électrisation directe qui a été employé. Le courant émanant du solénoïde traverse le corps entier des pieds aux mains. Un des pôles du solénoïde est en rapport avec l'eau d'un pédiluve où le malade plonge ses deux pieds ; le second pôle est relié aux deux mains par un conducteur bifurqué terminé par des poignées métalliques. Dans ces conditions, le courant est généralisé et son intensité a varié entre 350 et 450 milliampères ; la durée des séances faites quoti-

diennement, d'abord de dix minutes, a été abaissée successivement à cinq et à trois minutes, suivant l'impressionnabilité des sujets. Ce courant, je le répète, n'exerce aucune action consciente, soit sur la sensibilité, soit sur la motricité, ce qui fait que les malades se soumettent sans répugnance à son action. Je résume à présent rapidement les observations :

» *Observation I.* — Homme de 33 ans, maçon atteint de diabète grave depuis quatre ans, est mis en observation pendant une quinzaine sans aucun traitement.

» Dans ces conditions, il rendait une moyenne de $11^{lit},300$ d'urine en vingt-quatre heures, contenant 54^{gr} de sucre par litre, soit 620^{gr} de sucre par jour. La pression artérielle était de 15^{cm} de mercure seulement ; le pouls à 72 et la température au-dessous de la normale. La toxicité des urines était presque nulle : 250^{gr} injectés à un lapin le rendaient à peine malade.

» On applique la haute fréquence par séances quotidiennes de dix minutes. Dès les premiers jours, disparition des douleurs dans les membres, sommeil meilleur, non interrompu par la soif ou le besoin d'uriner, plus de cauchemars, clarté plus grande de la vue, retour de la mémoire et lucidité d'esprit rendant la lecture possible. Voilà pour les phénomènes subjectifs. Quant aux phénomènes objectifs : disparition d'un œdème malléolaire remontant jusqu'à mi-jambe, rétrocession d'un certain degré d'ascite et réveil de la sensibilité aux jambes, qui avait complètement disparu.

» Pendant le premier septénaire, peu de modifications du côté de l'urine et de la production de sucre, à l'exception de la diurèse, qui se régularise et ne présente plus de sauts brusques, passant de 7^{lit} à 13^{lit} dans les vingt-quatre heures.

» Dans le second septénaire, tout se modifie rapidement et, après quarante-deux jours de traitement, on constatait les faits suivants : moyenne de la quantité d'urine des vingt-quatre heures, 7^{lit} ; sucre rendu, en vingt-quatre heures, 180^{gr}; pression artérielle atteignant 25^{cm} le vingtième jour; pouls à 104, température s'élevant jusqu'à 38° et se fixant enfin à 37°. Toxicité de l'urine considérablement accrue. Après un mois, 64^{gr} tuent 1^{kg} d'animal. Enfin, oscillations du poids, qui tombe d'abord de $57^{kg},500$ à 51^{kg} pour remonter graduellement à 56^{kg}.

» *Observation II.* — Femme de 59 ans, diabétique grasse ; présence du sucre constatée, il y a deux mois pour la première fois, à la Pitié ; soignée à plusieurs reprises pour albuminurie. Actuellement, ni albumine, ni néphrite. Rend $3^{lit},300$ d'urine en vingt-quatre heures, contenant 43^{gr} de sucre par litre, soit 137^{gr} par jour. Polyphagie, polydypsie, faiblesse générale, courbature et douleurs des membres. Pression artérielle très élevée, de 27^{cm} à 30^{cm} de mercure ; pouls lent, à 64 par minute, température un

peu au-dessus de la normale : oscille de 37°,3 à 37°,5. Toxicité des urines : 107 par kilogramme.

» Séances d'électrisation de dix minutes, bien supportées, mais laissant après un grand sentiment de lassitude. Après quinze jours de traitement, pas de variations dans la quantité d'urine éliminée en vingt-quatre heures, mais le sucre a baissé de moitié, 24^{gr} par litre au lieu de 43^{gr}. La pression artérielle descend à 25^{cm} de mercure, le pouls monte à 76 ou 80, température peu influencée. Toxicité des urines monte à 87 par kilogramme. Malgré la diminution du sucre, le bien-être ressenti n'est pas aussi grand que chez le malade précédent. On suspend le traitement pendant quelques jours et on le reprend ensuite avec des séances abaissées successivement comme durée de dix minutes à trois minutes. Le bien-être ressenti est beaucoup plus grand, la malade se sent reposée, dort bien, n'a plus de courbature et le chiffre du sucre tombe à 38^{gr} par vingt-quatre heures.

» Ce cas prouve de quelle importance est la technique en pareille matière. Quel doit être le nombre et la durée des séances ? Doit-on les espacer, les suspendre ? Autant de questions que l'expérience seule pourra trancher.

» *Observation III.* — Il s'agit d'un obèse âgé de 36 ans, cocher pesant 130^{kg} et présentant une arythmie cardiaque très marquée. Séances de dix minutes quotidiennes. Mieux pendant quelques jours. Le chiffre de l'urée excrétée s'élève de $33^{gr},72$ à $41^{gr},63$ en vingt-quatre heures. La pression monte de 18^{cm} à 20^{cm} de mercure, et le pouls passe de 72 à 108. Au bout de quinze jours, le malade avoue avoir des accès de dyspnée qu'il cachait, ayant grande confiance dans ce traitement et ne voulant pas le suspendre ; le taux de l'urée baisse et tombe à 24^{gr} par jour.

» On suspend les séances pendant une quinzaine et on les reprend avec une durée moindre : trois minutes au lieu de dix. Au bout de quelques jours, les mêmes phénomènes de dyspnée, d'abaissement du taux de l'urée et de la pression sanguine se montrent. On cesse le traitement. Quant à la toxicité des urines, elle a peu varié : 84 au début, 87 à la fin du premier essai.

» Cette observation montre que la haute fréquence agit, comme toujours, puissamment sur la circulation, qu'il existe des contre-indications et qu'enfin la suggestion ne suffit pas pour expliquer les bons effets de l'électricité, puisque ce malade qui n'a pas bénéficié du traitement avait la foi, contrairement aux précédents qui furent tout étonnés de se trouver mieux.

» Si cette voie nouvelle ouverte à la Thérapeutique est pleine de

promesses, je dois prévenir les médecins que tout est à faire au point de vue clinique. J'ai montré expérimentalement que la haute fréquence est un puissant modificateur de l'organisme; là se borne, pour le moment, mon rôle de physiologiste.

» De son côté le Dr Apostoli, après une expérience qui portait, à l'époque, sur 2446 applications et 267 analyses d'urine, disait, en 1895, au Congrès de Londres :

1° Conformément à ce qu'a découvert M. le professeur d'Arsonval, les courants alternatifs de haute fréquence et de haute tension exercent une action puissante sur tout corps organisé vivant qui est soumis à leur influence *inductrice*.

2° Le meilleur moyen d'agir, à l'aide de ces courants, par influence, est d'enfermer le malade, qui n'a aucun contact direct avec aucune électrode, dans le circuit d'un vaste solénoïde qui est parcouru par ces courants.

Le sujet se trouve de la sorte complètement isolé de la source électrique et les courants, qui circulent par *auto-conduction* dans son organisme, prennent naissance dans ses tissus eux-mêmes, car le corps joue ici le rôle d'un circuit fermé sur lui-même.

3° C'est ainsi que les découvertes physiologiques du professeur d'Arsonval se trouvent le mieux confirmées et que l'on peut vérifier l'influence puissante de ces courants sur le système *vaso-moteur*, bien que la sensation immédiate produite par leur passage soit nulle, et quoiqu'ils n'impressionnent ni les nerfs moteurs ni les nerfs sensitifs.

L'on peut constater, en effet, une action énergique sur tous les échanges nutritifs.

Cette action se traduit par une suractivité des combustions organiques et de la nutrition, comme en témoignent les dosages faits par M. d'Arsonval des échanges gazeux respiratoires, et comme en témoignent également les excrétas urinaires d'après les analyses faites par M. Berlioz.

4° Les applications thérapeutiques générales qui découlent de cette action physiologique se sont trouvées réalisées par la clinique.

Elles portent aujourd'hui sur un total de plus de *cent* malades, que le Dr Apostoli a soignés depuis un an et demi, tant à sa clinique que dans son cabinet.

La plus grande partie ont bénéficié très favorablement de cette nouvelle médication qui a été appliquée isolément et uniformément à l'exclusion absolue de toute influence parallèle soit d'un régime spécial, soit de toute autre médication additionnelle.

5° Ces courants exercent dans la plupart des cas une action puissante et généralement réparatrice sur les maladies dites par *ralentissement de la nutrition*, en accélérant les échanges organiques et en activant les com-

bustions ralenties ou perverties, comme le prouve l'examen des urines fait par M. Berlioz, dont voici le résultat synthétique :

La diurèse devient généralement plus satisfaisante et les déchets organiques sont plus facilement éliminés.

Les combustions sont augmentées comme le démontre la diminution du chiffre de l'*acide urique,* en même temps que le taux de l'*urée* devient généralement plus élevé.

Le rapport entre ces deux substances qui, avant tout traitement, est souvent très fort, diminue peu à peu, au point de se rapprocher du rapport moyen de $\frac{1}{40}$.

L'élimination des éléments minéraux a été elle-même influencée, mais d'une manière beaucoup moins évidente.

6° On peut généralement constater sur tout malade soumis à leur influence, par des séances quotidiennes, qui durent quinze minutes chaque, les modifications suivantes de l'état général, classées par leur ordre d'apparition :

— Retour du sommeil;

— Relèvement des forces et de l'énergie vitale;

— Réapparition de la gaieté, de la résistance au travail et de la facilité pour la marche;

— Amélioration de l'appétit, etc.

— Au total, *restauration complète et progressive de l'état général.*

Souvent dès les premières séances, et avant même toute influence locale apparente, ou toute action marquée sur la sécrétion urinaire, on peut nettement constater une amélioration de l'état général.

7° Les troubles locaux, douloureux ou trophiques, subissent généralement d'une façon beaucoup plus tardive l'influence modificatrice de ces mêmes courants, et, quelquefois même, ils restent réfractaires, pour une période plus ou moins longue, à leur action réparatrice à distance, et exigent un complément de traitement local qui sera l'objet d'un autre prochain Mémoire.

8° Les maladies qui, jusqu'à présent, ont paru au Dr Apostoli *peu ou pas justiciables* de cette action thérapeutique, sont généralement celles qui n'ont pas de processus anatomique jusqu'ici bien défini; en un mot, les maladies, dites *sans lésions*, et dont le type principal est l'*hystérie,* et certaines formes de *neurasthénie.*

9° De toutes les maladies qui ont le plus bénéficié de cette action thérapeutique générale, c'est l'*arthritisme* (rhumatisme et goutte), qui paraît le plus énergiquement et le plus efficacement influencé.

10° Quelques malades *diabétiques* ont vu assez rapidement leur sucre disparaître sous cette influence, tandis que chez d'autres l'élimination du sucre n'a pas sensiblement diminué, malgré le relèvement manifeste et constant de l'état général.

La variation de ces résultats tient-elle à une imperfection de l'outillage électrique ou à un défaut de technique opératoire? C'est ce qu'un avenir prochain démontrera, quoique les origines et les sources multiples du diabète expliquent aisément la variation possible des résultats que l'on doit obtenir d'une thérapeutique uniforme.

11° En résumé, les courants de haute fréquence et de haute tension, introduits en électrothérapie par M. d'Arsonval, viennent d'agrandir considérablement le champ d'application de l'électricité médicale. — Ils constituent une acquisition nouvelle et précieuse pour la Médecine générale en mettant, entre les mains des médecins, une arme puissante capable de modifier plus ou moins profondément les phénomènes intimes de la nutrition.

» Les résultats que le Dr Apostoli a obtenus depuis cette époque déjà éloignée confirment ses premières conclusions; ils sont même beaucoup plus accentués en substituant au solénoïde le procédé par condensation.

» Je poursuis de mon côté des essais, à la Maternité, qui confirment pleinement, chez les enfants, les résultats obtenus chez les adultes. Chez l'enfant à la mamelle, il est, en effet, on ne peut plus simple d'établir le bilan nutritif par la simple pesée, la composition de l'aliment restant invariable et il n'y a aucune part à faire à la suggestion.

» Je ne veux pas abuser plus longtemps, mes chers Collègues, de l'attention que vous me prêtez avec tant de bienveillance. Je résumerai tous ces faits en disant que la haute fréquence est le plus puissant modificateur de la nutrition intime des tissus que nous connaissions.

» C'est un modificateur qui atteint la vie dans ses manifestations intimes et qui touche au fonctionnement de la cellule vivante elle-même. Son action s'étend même jusqu'aux produits de sécrétion de cette cellule, comme nous l'avons vu. Comme ces courants peuvent traverser impunément l'homme vivant, il est inutile d'insister auprès de vous sur les espérances que fait naître une pareille méthode. Il n'est donc pas téméraire de dire que les courants à haute fréquence ouvrent une voie entièrement nouvelle à la Thérapeutique.

» C'est l'expression dont s'est servi, à l'Académie des Sciences, un savant dont c'est la conviction profonde. Ce savant n'est autre

que mon Confrère le professeur Bouchard dont les travaux sur la nutrition font autorité dans la Science.

» Quel est le mécanisme de l'action physiologique et thérapeutique de ces courants? Pourquoi leur innocuité absolue quand ils traversent l'organisme? Je l'ignore. On a répondu à la seconde question en disant que ces courants ne pénétraient pas et s'écoulaient à la surface. C'est là une erreur qu'il est facile de réfuter. D'abord l'action sur les centres vaso-moteurs prouve la pénétration profonde de ces courants dans l'organisme. De plus, l'écoulement superficiel n'est vrai que pour les conducteurs métalliques. La pénétration est d'autant plus profonde que la résistance *spécifique* du conducteur est plus grande.

» Cette pénétration, d'après la formule bien connue des Électriciens, est en raison directe de la racine carrée de la résistance spécifique et en raison inverse de la racine carrée de la fréquence.

» Or, si l'on applique le calcul au cas d'un conducteur cylindrique ayant la résistivité et les dimensions du corps humain, on voit que la répartition est sensiblement uniforme. J'ai vérifié d'ailleurs le fait directement sur un cylindre d'eau salée à 7 pour 1000, ayant la résistivité du corps humain, le courant ne variant pas d'un centième de sa valeur pris au centre ou à la périphérie du cylindre liquide.

» Si d'ailleurs le courant s'écoulait par l'épiderme, étant donné sa résistivité très élevée, sa température dépasserait un millier de degrés quand le corps est traversé par un courant de 1 ampère seulement. L'hypothèse de l'écoulement superficiel est donc à la fois en contradiction avec l'expérience et avec la formule de Thomson. Cette hypothèse n'est d'ailleurs plus soutenue par aucun physicien à l'heure actuelle.

» Je voyais récemment, dans une publication médicale dont j'ai oublié le nom, un médecin distingué donner une explication très simple de l'action physiologique des hautes fréquences. Ces courants, disait-il, s'écoulent par la surface du corps, ils l'échauffent, et de là tous les effets observés. On obtiendrait les mêmes résultats, à moins de frais, pensait-il, en mettant le malade ou les tubes contenant les microbes dans une étuve. J'avoue que la fantaisie de cette théorie a désarmé ma critique.

» J'aurais pu répondre que dans une étuve chauffée les choses se passent précisément en sens contraire. Les combustions organiques, au lieu d'être augmentées, vont en s'abaissant. On use moins d'oxygène et l'on élimine moins d'acide carbonique dans les climats chauds que dans les climats froids. On brûle moins l'été que l'hiver. Mais ces faits sont si connus, même en dehors des médecins, que vous ne me pardonneriez pas d'insister.

» La raison qui fait que ces courants n'impressionnent pas les terminaisons nerveuses tient précisément à leur fréquence.

» Les nerfs sensitifs et moteurs sont organisés pour répondre à des fréquences déterminées. C'est ce que nous voyons, par exemple, pour le nerf optique dont les terminaisons sont aveugles pour les ondulations de l'éther d'une période *inférieure* à 497 billions par seconde (rouge) et *supérieure* à 728 billions (violet).

» Le nerf acoustique se comporte d'une façon analogue pour les vibrations sonores.

» Ces propriétés, qui étaient particulières à deux nerfs de sensibilité spéciale, comme le nerf optique et le nerf acoustique, doivent être étendues aux nerfs moteurs et aux nerfs de la sensibilité générale. Chaque ordre de nerfs obéit à des fréquences déterminées qui ne sont pas les mêmes, par exemple, pour les nerfs musculaires que pour les nerfs vasculaires.

» Quoi qu'il en soit, le fait n'en existe pas moins et la haute fréquence constitue dès maintenant une arme puissante entre les mains du médecin qui a les connaissances voulues pour la manier. » (*Applaudissements.*)

M. le Président. — « Messieurs, vos applaudissements sont beaucoup plus éloquents que mes paroles pour exprimer à M. d'Arsonval notre reconnaissance d'avoir bien voulu nous exposer les résultats de ses beaux travaux. » (*Applaudissements unanimes.*)

Le dépouillement du scrutin étant terminé, M. le Président proclame les résultats du vote.

Suffrages exprimés............	250
Majorité........................	126

PRÉSIDENT :

Pour l'exercice 1898-1899.

Nombre de voix obtenues.

MM.

PICOU (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures 247

VICE-PRÉSIDENTS :

HILLAIRET (A.), Ingénieur constructeur 245
POLLARD (Jules), Ingénieur de la Marine 250

SECRÉTAIRES :

Pour trois ans.

ALIAMET (Maurice), Chef du Laboratoire électrotechnique au Chemin de fer du Nord 245
LOPPE (F.), Ingénieur des Arts et Manufactures 249

Pour deux ans.

BRUNSWICK (E.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du Service électrique de la Maison *Breguet* 235

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL :

GOSSELIN (Xavier), Chef des travaux électriques à l'École centrale des Arts et Manufactures 248

MEMBRES :

Pour trois ans.

ARNOUX (R.), Ingénieur-constructeur 249
BOCHET (A.), Chef du Service des installations d'éclairage électrique à la maison *Sautter-Harlé et Cie* 250
BONFANTE, Ingénieur électricien 248
BONNEAU (H.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Sous-chef de l'Exploitation à la *Cie des chemins de fer P.-L.-M* 248
BOVET (A. de), Directeur de la *Cie du touage de la Basse-Seine et de l'Oise* 248
BRANLY (Ed.), Docteur ès Sciences 248
CLAUDE (G.), attaché à l'usine des Halles 247
CLÉRAC (H.), Directeur-Ingénieur des Télégraphes 248
DARCQ (E.), Inspecteur général des Postes et des Télégraphes 248
JAVAUX (E.), Directeur des ateliers de la *Société Gramme* 242
LEBLANC (Maurice) 250
LE CHATELIER, Ingénieur en chef des Mines 250
PELLISSIER (Georges) 248
RECHNIEWSKI (W.), Ingénieur 249

MM.	Nombre de voix obtenues.
VUILLEUMIER (C.), Ingénieur électricien	249
WALCKENAER (Ch.), Ingénieur des Mines	245

Pour deux ans.

BERNHEIM (Ed.), Ingénieur des Arts et Manufactures............ 239

Pour un an.

SARTIAUX (Eugène), Chef des Services électriques au Chemin de fer du Nord.................................... 236

COMMISSION DES COMPTES :

ARMENGAUD jeune, Ingénieur civil............................ 248
BERTHON (A.), Administrateur de la *Société industrielle des Téléphones*.................................... 247
MASSON (G.), Éditeur.................................... 248

M. G. Sciama, *Président sortant.* — « Mes chers Collègues, notre Secrétaire général vous a dit, tout à l'heure, le succès de l'École supérieure d'électricité ; nous avons le droit d'en être fiers. C'est, en effet, l'honneur d'une Société comme la nôtre de justifier son titre d'utilité publique, non seulement par l'autorité de ses séances et de ses bulletins, mais surtout par la création d'œuvres d'intérêt général, pénétrées de son esprit.

» Nous avons voulu, il y a quatre ans, fonder, de notre propre initiative et sans intervention officielle, un établissement d'instruction supérieure, où la Science pure ne fût cependant que l'auxiliaire d'un enseignement pratique, et dont le programme d'études pût aisément se plier aux transformations incessantes que commandent, dans notre industrie, les progrès et les découvertes. Grâce à M. Mascart, créateur et inspirateur de l'œuvre, depuis l'origine ; grâce aux efforts si brillants de notre Directeur actuel, la tâche se trouve aujourd'hui remplie ; et le nouveau Conseil de perfectionnement, auquel notre Société vient de remettre la haute administration de l'École, n'aura qu'à s'inspirer des principes qui nous ont guidés. Le choix de ses membres nous donne, à ce sujet, toute garantie : à côté des généreux donateurs dont la sympathie s'est affirmée si libéralement, ont pris place les conférenciers dont les leçons contribuent, pour une grande part, au succès de l'École. L'originalité

de notre enseignement est, en effet, tout entière dans ces conférences, où les applications principales de l'électricité sont traitées chacune par un technicien particulièrement compétent. C'est de la sorte que notre programme se complète et se renouvelle, tandis que les bases fondamentales de l'instruction théorique : le cours d'électricité et le cours de mesures, en maintiennent les grandes lignes et l'ordre méthodique.

» Notre Société, au moment où elle se décharge sinon du contrôle, du moins de la direction effective de l'École, se doit de remercier publiquement les hommes de haute valeur qui distraient de leur vie déjà trop occupée, avec un dévouement et un désintéressement admirables, le temps suffisant pour faire profiter nos élèves de leur expérience et de leur science.

» Le Laboratoire d'électricité se trouvait, depuis quelques années, sacrifié à l'École, plus absorbante et plus exigeante. Son rôle se bornait, pour ainsi dire, au contrôle des appareils qui lui étaient soumis. Débarrassé, aujourd'hui, de toute sujétion, doté du nouveau service qui s'occupera spécialement des recherches et des expériences impossibles à réaliser dans les ateliers de l'industrie, faute de temps, de liberté d'esprit ou d'appareils appropriés, le Laboratoire doit élargir le champ de ses travaux, justifier les espérances que nous avions mises en lui, dès le début, et devenir le centre des hautes études d'électricité pratique. Il sera, en même temps, l'asile hospitalier ouvert à ceux de nos élèves qui, après leur année de séjour à l'École, désireraient perfectionner leur instruction ou entreprendre des recherches originales.

» Pour conquérir cette situation, pour accroître, dès maintenant, son renom et son prestige, il n'est pas, à notre avis, de moyen plus efficace que la publication des méthodes de mesures qui sont de règle rue de Staël. Ce travail, de longue haleine, a été commencé dès l'année dernière; déjà un premier fascicule, sur les mesures de force électromotrice, a paru dans notre *Bulletin*. Nous avons l'assurance qu'aucune difficulté ne rebutera M. Janet, et que, cette année, trois autres fascicules sur les mesures de résistance, d'intensité et sur la photométrie verront le jour.

» En 1898, toutes ces méthodes, complètes et coordonnées, constitueront pour les industriels le document le plus précieux, et, pour

tous ceux qui auront affaire au Laboratoire, le témoignage indiscutable de son autorité.

» Ce rapide aperçu permet d'envisager la double et noble tâche imposée aux établissements que nous avons créés; leurs bilans, distincts à partir de cette année, laissent espérer que l'argent ne fera pas défaut. En tous cas, la libéralité de nos adhérents, si souvent mise à contribution par notre cher Président, M. Mascart, alors qu'il s'agissait de semer sans certitude de récolte, ne resterait certainement pas désormais indifférente au succès de ses efforts.

» Vous avez du reste pu remarquer, en entendant le rapport de votre Commission, que la situation financière de la Société elle-même s'était sensiblement améliorée, grâce aux économies réalisées par M. Potier, l'année dernière. Nous avons pu déjà effacer, en partie, le souvenir d'un ancien mécompte et, comme vous venez de le décider, il est à espérer que, dès l'exercice prochain, notre bilan n'en présentera plus trace. Tous nos bénéfices, nous les reporterons alors, bien volontiers, sur nos œuvres, car une Société comme la nôtre n'a nul besoin de thésauriser, et tout ce qu'elle reçoit, elle se doit à elle-même de le dépenser pour la Science.

» C'est, du reste, autant dans le désir de ménager nos ressources que par un sentiment bien légitime de coquetterie, sentiment qui pousse les sociétés, même les plus austères, à s'installer chez elles, que nous avons réalisé, au mois d'août 1896, le déménagement de nos services dans notre immeuble de la rue de Staël. Outre l'économie de loyer et de frais généraux, il en est résulté une simplification d'organisation intérieure qui se traduira certainement par une réduction de dépenses.

» L'épreuve a si bien réussi que nous avons l'idée de faire un pas de plus et de convoquer, cette année, à notre nouveau siège social, les séances du Bureau, comme celles du Comité d'administration; mais, rassurez-vous, mes chers Collègues, nos séances mensuelles sont encore pour longtemps fixées ici; nous craindrions d'égrener trop de bonnes volontés, chaque soir de réunion, le long du chemin peu engageant qui conduit de la place Saint-Germain-des-Prés à la rue de Staël.

» Pour accroître l'intérêt de ces séances, nous avons cette année

tenté une innovation qui semble devoir, avec quelques perfectionnements, réussir dans l'avenir. Je veux parler des discussions contradictoires dont la physionomie est fidèlement reproduite par un compte rendu sténographique. C'est sous cette forme, si heureusement exploitée par les Anglais et les Américains, que nous permettrons le plus facilement aux timides dont la tribune effarouche la modestie, et que le silence des autres rend muets, de surmonter leur appréhension et d'animer nos réunions par une intervention brève, originale, ouvrant souvent la porte aux discussions les plus intéressantes. Vous en avez eu la preuve dans nos dernières séances, et ceci m'amène tout naturellement à féliciter notre Secrétaire général, M. Hillairet, l'âme, depuis quatre ans, de toutes nos réunions, du résultat de ses efforts. Malgré un labeur de jour en jour plus assujétissant, il a mis, sans compter, au service de notre Société, son érudition si variée et si complète, sa rare facilité d'assimilation et son élocution remarquable. Au moment où il se retire, et où vous venez de lui témoigner, par un vote unanime, votre reconnaissance et votre sympathie, qu'il me permette d'ajouter mes plus affectueux remercîments aux vôtres pour l'aide précieuse que j'ai trouvée en lui. Son successeur, M. Gosselin, aura la lourde tâche de le remplacer; mais il nous a montré, dans ces derniers mois, comme il en était capable.

» Il me reste, mes chers Collègues, avant de terminer, deux agréables devoirs à remplir : celui de féliciter notre ami, M. Picou, de la juste consécration que vous venez de donner aux services qu'il nous a rendus naguère comme Secrétaire général, et celui de vous remercier de la sympathie dont j'ai, durant cette année, recueilli auprès de vous la si constante expression. On emporte, du temps trop court passé à la tête de notre Société, avec le regret de n'avoir peut-être pas pu lui donner toute la mesure de sa bonne volonté, un sentiment d'attachement profond et durable, à tout ce qui la touche, à tout ce qui peut intéresser son succès.

» Vos anciens Présidents vous gardent, — j'en ai fait cette année l'expérience, — un dévouement fidèle, et leur concours vous reste acquis comme au temps où il vous était dû. J'espère être à même de suivre leur exemple sous l'égide de mon éminent successeur, M. le Dr d'Arsonval, dont nous venons d'acclamer la triomphante

prise de possession, ce soir, et que j'invite à me succéder au fauteuil de la Présidence. » (*Applaudissements.*)

M. d'Arsonval, *Président entrant.* — « L'heure étant avancée, je vous demande la permission de remettre à une séance prochaine les remercîments que je vous dois, ainsi qu'à M. Sciama; la séance est levée. »

La séance est levée à $10^h 50^m$ du soir.

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

France.

Annuaire de la Société des Ingénieurs civils de France pour l'année 1897; 1 vol. in-8. Paris, imp. Chaix, 1897. (*Don de la Société des Ingénieurs civils.*)

L'Aluminium : Alliages et emplois récents, par M. Adolphe Minet. 1 vol. in-16°. Paris, Bernard Tignol. (*Don de l'Auteur.*)

Bibliographie des travaux scientifiques publiés par les Sociétés savantes de la France, par M. J. Deniker; Tome I, deuxième livraison. 1 vol. grand in-4. Paris, Imprimerie nationale, 1897. (*Don du Ministère de l'Instruction publique.*)

L'éclairage à l'acétylène, par M. G. Pellissier; 1 vol. in-8 carré. Paris, Georges Carré et C. Naud, 1897. (*Don des éditeurs.*)

Société des Ingénieurs civils de France : Congrès de 1896; 1 broch. in-8. Paris, Imprimerie Chaix, 1897. (*Don de la Société des Ingénieurs civils.*)

SITUATION FINANCIÈRE DE L'EXERCICE 1896.

I. — *Services généraux.*

CRÉDIT.	fr	fr	DÉBIT.	fr	fr
Cotisations	19520,00		Cotisations irrécouvrables	680,00	
Placement de cotisations libérées	468,90		*Bulletin*	10219,73	
Intérêts	1021,80		Frais d'administration	1737,86	
Produits du *Bulletin*	5913,90		Personnel	5650,00	
Dons d'Ouvrages divers	730,25		Loyer, impôts, assurance	1359,50	
Divers	21,35	27676,20	Frais de réunions	1062,95	
			Frais de correspondance	708,80	
			Exposition	1000,00	
			Divers	262,35	
			Amortissement :		
			Bibliothèque	730,25	
			Créance	4264,76	27676,20

II. — *Laboratoire.*

CRÉDIT.	fr	fr	DÉBIT.	fr	fr
Arrérages de la rente	7903,00		Frais d'opérations et essais taxés	2575,22	
Intérêts	3738,48		Personnel	18480,35	
Produits de souscriptions	8950,00		Frais d'administration	3190,55	
Redevances pour essais	5282,05		Loyer, impôts, assurances	358,90	
Redevances des élèves et des tiers	2945,00		Entretien des bâtiments	374,71	
Redevances des élèves de l'École	7777,50		Entretien des machines et appareils	1809,85	
Dons divers :			Expériences et recherches	442,36	
Bibliothèque	431,00		Travaux des élèves de l'École	2504,92	
Matériel	1925,00		Amortissement :		
Amortissement :			Bibliothèque	431,00	
Ministère du Commerce	5000,00	43952,03	Matériel	1925,00	
			Constructions	5000,00	
			Solde créditeur reporté à l'exercice 1897	6859,17	43952,03
		71628,23			71628,23

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1896.

I. — *Société.*

ACTIF.		
Fonds social (valeur au 31 décembre 1896) :	fr	
50 obl. P.-L.-M. fusion	24037,50	
13 obl. Est 3 %/0	6191,25	
1 obl. Ouest algérien	466,50	
32fr de rente 3 %/0	1091,00	
Espèces en caisse	83,12	
Cotisations à toucher	5465,00	
Bibliothèque	8008,10	
Matériel et mobilier	2088,45	
Fonds disponibles (valeur 31 décembre) : 150fr de rente 3 %/0	5115,00	fr
Créance perdue à amortir	4507,79	57053,71

PASSIF.		
Solde des frais de publication du *Bulletin*	fr 2689,88	
» des frais d'administration	931,75	
» des frais de réunions	620,00	
Recettes anticipées :		
Cotisations libérées	200,06	
Cotisations de l'année 1897	120,00	
Cotisations de l'année 1898	20,00	fr
Compte d'ordre	823,00	5404,69

II. — *École.*

ACTIF.		
Placement de souscriptions :	fr	
385fr de rente 3 1/2 %/0	11617,90	
Crédit lyonnais	5382,10	fr
Élèves de l'École	450,00	17450,00

PASSIF.		
Recettes anticipées :		
Produit de souscriptions : pour 1897	fr 12550,00	
pour 1898	1000,00	fr
Redevances des Élèves	3900,00	17450,00

III. — *Laboratoire.*

ACTIF.			
Constructions		fr 215533,88	
Bibliothèque		1309,90	
Instruments, matériel et mobilier		97701,79	
Caisse et banquier		5621,05	
Débiteurs divers		2922,50	
Sommes affectées à l'installation et non encore payées :			
Instruments, matériel et mobilier	17371,00		
Constructions	13160,00		
Ville de Paris	5000,00	fr	fr
Solde disponib.	53709,67	89240,67	412329,79
			486833,50

PASSIF.		
Ministère du Commerce	fr 85000,00	
Ville de Paris	5000,00	
Compagnie parisienne du gaz	300,10	
Créditeurs divers	5367,11	
Compte d'ordre	1051,60	
Profits et pertes, Solde créditeur	6859,17	fr 103577,98
		126432,67
Avoir net au 31 décembre :		
Société	fr 51649,02	fr
Laboratoire	308751,81	360400,83
		486833,50

SITUATION DES FONDS AFFECTÉS A L'INSTALLATION DU LABORATOIRE

au 31 décembre 1896.

RECETTES.	fr	DÉPENSES.		fr
Don de MM. Gramme et Fontaine...	10000,00	Reliquats remis au Laboratoire......		280,70
» du Congrès des Électriciens....	5067,80	Constructions et installation........		217533,88
» de la Classe 62...............	10778,40	Instruments, matériel et mobilier...		33764,65
» du Syndicat des Électriciens...	4249,20	Bibliothèque....................		682,75
» de M. Delaunay-Belleville......	5000,00			
Souscriptions et intérêts...........	101095,65			
Aliénation d'une partie de la rente ..	100000,00			
Legs Giffard......................	100000,00			
Bénéfice sur vente de valeurs	1969,05			
Versement du Laboratoire pour appoint du placement des 100 000fr				252261,98
de l'aliénation de rente	162,35	Reliquat en dépôt au Crédit lyonnais, représenté par		
Boni sur valeurs en garde au Crédit lyonnais (différence entre le cours		2295fr de rente 3 %...	78269,50	
d'achat et le cours du 31 décembre 1896)......................		355fr de rente 3 1/2 %.	10731,15	
	3180,20	Espèces.............	240,02	89240,67
	341502,65			341502,65

DÉCIMALISATION DE L'HEURE.

Conformément à la disposition adoptée par l'Assemblée générale, une Commission, composée du Bureau et d'un certain nombre de membres de la Société, s'est réunie à l'effet d'examiner les conséquences de la décimalisation de l'heure en ce qui concerne les industries électriques et les mesures qu'il pourrait être utile de prendre dans l'intérêt des électriciens.

Dans sa séance du 21 avril dernier, la Commission a décidé de remettre à M. le Ministre de l'Instruction publique la lettre suivante, qui sera en outre communiquée à M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie et des Postes et Télégraphes :

Monsieur le Ministre,

Par un décret en date du 25 avril 1896, rendu sur le rapport de M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, et portant la signature de M. le Président de la République, le système des unités électriques, tel qu'il a été élaboré à la suite des Congrès internationaux qui se sont succédé depuis 1881, a été rendu obligatoire sur tout le territoire français dans les transactions à intervenir entre l'État et les particuliers; d'ailleurs, la Convention de 1881 ayant eu tous les caractères d'une entente internationale, des lois ou des décrets analogues ont été promulgués dans un certain nombre d'autres pays (1); enfin, indépendamment des sanctions officielles, toutes les nations civilisées qui font usage de l'électricité emploient aujourd'hui ces unités sans aucune espèce d'exception ni de discussion.

Nous n'avons pas besoin de rappeler ici que le système des unités électriques dérive immédiatement du système métrique, en tant qu'il adopte comme unités fondamentales le centimètre et le gramme; mais les phénomènes électriques, considérés comme une branche de la Mécanique générale, exigent de plus, comme elle, le choix d'une unité de temps : la seconde sexagésimale, 3600e partie de l'heure, 86 400e partie du jour solaire moyen, a été universellement adoptée, de telle sorte que les unités

(1) Etats-Unis : Loi du 12 juillet 1894; Angleterre : Ordre adopté par le Conseil de la Reine, le 23 août 1894.

électriques dérivent toutes du centimètre, du gramme et de la seconde, absolument de la même manière que, dans un ordre d'idées plus simple, les unités de surface et de volume dérivent toutes du centimètre ou de ses multiples.

Établi sur ces bases, le système des unités électriques nous offre aujourd'hui le premier et unique exemple, parmi les connaissances humaines, d'un système universellement adopté par toutes les nations du monde : sur un grand nombre de points, il a devancé le système métrique, qu'il entraînera forcément après lui; en sorte que les électriciens sont arrivés à ce résultat véritablement digne d'admiration, de faire adopter un système basé sur le centimètre et sur le gramme dans des pays où la livre et le pied étaient encore en pleine vigueur.

On doit attribuer le succès de cette entreprise, si remplie de difficultés, à ce fait qu'une unité, du moins, était hors de contestation dans tous les pays du monde : c'était l'unité de temps, la seconde [1] : cette entente sur un point a rendu possible l'entente sur tous les autres, et l'édifice actuel a pu être élevé sur des bases solides.

On conçoit donc aisément l'émotion des Électriciens en présence de la résolution, adoptée par la Commission officielle de décimalisation du temps et de la circonférence, de diviser désormais l'heure en 100 parties, et chacune de celles-ci en 100 autres parties; cette résolution, en effet, qui détruit l'une des bases du système des unités électriques, détruit, qu'on le veuille ou non, le système tout entier et, par là, se trouve en contradiction avec le décret signalé plus haut. C'est pourquoi, Monsieur le Ministre, la Société internationale des Électriciens a jugé utile d'attirer votre attention sur l'une des conséquences les plus déplorables des réformes proposées; la suppression de la seconde sexagésimale entraînerait la ruine du système de mesures le plus cohérent qui existe à l'heure actuelle, nous voulons dire le système des mesures électriques.

Nous n'avons pas l'intention d'insister ici sur le côté purement scientifique et spéculatif de la question; car, si les intérêts de quelques sciences particulières sont opposés à ceux de quelques autres, peut-être serait-il difficile, pour un juge impartial, de prendre parti entre elles, et la discussion menacerait de se prolonger indéfiniment.

C'est pourquoi, tout en rappelant ici que, au point de vue électrique, la suppression de la seconde sexagésimale est non seulement inopportune, mais encore antiscientifique, nous désirons mettre surtout en lumière le côté industriel et technique de la question. Les mesures électriques sont aujourd'hui sorties des laboratoires scientifiques pour pénétrer dans les

---

(1) Gauss, le véritable fondateur du système C.G.S., réserve les unités métriques pour la partie purement scientifique de ses Mémoires, et parle encore, le reste du temps, de pieds et de livres, tandis que l'emploi de la seconde ne fait pas l'ombre d'une hésitation pour lui.

ateliers et dans les usines; partout les mesures sont le complément ou la préparation du travail industriel; toucher aux unités actuellement en vigueur, c'est bouleverser tous les calculs, tous les types établis; c'est faire rentrer les chaos dans une industrie qui, à l'heure actuelle, présente une uniformité parfaite de méthodes et de résultats. Je ne parle pas de la mise au rebut des instruments actuels, ampèremètres, voltmètres, wattmètres, boîtes de résistances qui représentent un capital considérable, et qui iraient rejoindre dans l'oubli les chronomètres et les horloges, au grand préjudice de leurs possesseurs d'aujourd'hui.

Si, des producteurs de l'énergie électrique, nous passons aux consommateurs, nous trouvons que, là aussi, les unités électriques ont déjà acquis leur droit de cité; le watt-heure ou ses multiples, hectowatt-heure, kilowatt-heure, sont devenus les unités usuelles, vulgaires, d'énergie électrique; les compteurs d'électricité sont gradués en hectowatts-heure, comme les compteurs de gaz ou d'eau le sont en mètres cubes; or, le watt, unité de puissance, dépend de l'unité de temps, qu'elle contient à la puissance — 3, et serait profondément modifié si l'on touchait à la seconde; c'est donc, encore de ce côté-là, un bouleversement complet d'usages déjà bien établis que provoquerait l'adoption de la réforme des mesures du temps.

Tels sont, rapidement résumés, les troubles qui seraient apportés dans la Science et dans l'Industrie électrique par la suppression de la seconde sexagésimale, si, comme l'imposerait certainement la force des choses, les Électriciens étaient obligés de modifier leurs unités pour les rendre cohérentes à la nouvelle unité de temps. Nous n'ignorons pas que les partisans de la réforme, s'arrêtant à un point de vue trop superficiel, proposent aux Électriciens de conserver leurs unités actuelles, que le décret signalé plus haut a pour ainsi dire matérialisées en définissant l'ohm par une certaine colonne de mercure, en représentant approximativement l'ampère par le poids d'argent déposé pendant un certain temps, le volt par la force électromotrice d'une certaine pile [1]. Mais, sans insister sur le terre à terre tout à fait antiscientifique de pareilles définitions qui nous ramènerait, à peu de chose près, au temps où l'on prenait comme unité de résistance un certain fil de cuivre appartenant au physicien Jacobi, sans faire remarquer que cette tolérance équivaudrait à autoriser, pour chaque branche de l'activité humaine, des unités illégales et incohérentes, nous répondrons à cette proposition qu'une pareille transaction ne serait possible que si l'Électricité constituait une science isolée, sans rapport et sans contact avec toutes les autres; mais, nous l'avons déjà remarqué, l'Élec-

---

[1] Il faut d'ailleurs remarquer que ces représentations de l'ampère et du volt n'ont pas, comme celle de l'ohm, un caractère légal, mais sont de simples approximations destinées à faciliter les mesures.

tricité doit être considérée comme une branche de la Mécanique générale; il en résulte que la notion de temps entre à chaque instant, non seulement d'une façon implicite, mais encore d'une façon explicite dans ses équations et dans ses formules : de là l'impossibilité de conserver des unités électriques non cohérentes à l'unité légale de temps : la force électromotrice d'une machine à courant continu dépend explicitement de sa vitesse de rotation, exprimée en nombre de tours par unité de temps; les éléments d'une machine à courant alternatif, d'un transformateur, dépendent explicitement de la fréquence, exprimée en nombre de périodes par unité de temps; conserver le volt, l'ampère, l'ohm, les unités magnétiques, etc., entraîne donc que l'on conserve la seconde comme unité de temps, et réciproquement.

Changer l'unité de temps sans changer les unités électriques reviendrait à charger toutes nos formules de coefficients parasites, qui ne seraient même pas des nombres entiers, ni même des fractions décimales, mais bien des nombres incommensurables, et qui compliqueraient et allongeraient beaucoup tous les calculs électriques : la simplicité, qui apparaîtrait d'un côté, disparaîtrait de l'autre; et nous ne voyons pas pourquoi les Électriciens perdraient le bénéfice du système qu'ils ont créé de toutes pièces, précisément en vue de cette simplicité des formules et des calculs.

En résumé, la seconde sexagésimale a des liens trop profonds avec les plus anciennes habitudes de la vie de société comme avec les plus modernes besoins de la Science et de l'Industrie, pour qu'il soit possible d'y toucher.

L'industrie électrique, qui représente aujourd'hui dans le monde entier un capital de plus de 20 milliards, qui, en France, et seulement pour l'éclairage, emploie plus de 300000 chevaux, groupe autour d'elle un nombre d'intérêts assez considérables pour que l'opinion de ses représentants les plus autorisés puisse être de quelque poids dans la discussion qui s'ouvre aujourd'hui : c'est au nom de ces représentants, Monsieur le Ministre, que la Société internationale des Électriciens a cru devoir vous présenter les quelques observations qui précèdent et qui peuvent se résumer ainsi : conserver la seconde pour conserver les unités électriques.

Veuillez agréer, Monsieur le Ministre, etc.

Le Président
de la Société internationale des Électriciens,
Dr A. d'Arsonval.

BIBLIOGRAPHIE.

L'électricité curative, par M. le Dr Foveau de Courmelles. 1 vol. Paris, G. Delarue.

« Ce Livre, dit l'auteur, n'est destiné qu'à l'initiation, à la vulgarisation. Sous une forme attrayante, académique même, avec impartialité M. le Dr Foveau de Courmelles met à la portée de tous les médecins les éléments scientifiques qui, leur faisant défaut, les empêchent de s'adonner à l'Électrothérapie. S'écartant des sentiers battus, il ne décrit spécialement aucun mode de traitement, il donne des idées générales et des détails pratiques; il expose succinctement, groupés et expliqués, tous les travaux; *il apprend à apprendre.* »

Cet extrait de la Préface, due à la plume de M. le Dr Péan, constitue l'appréciation la meilleure et la plus autorisée qui se puisse formuler sur un Ouvrage que les praticiens liront avec fruit et peut-être avec plaisir.

L'éclairage à l'acétylène. Historique, fabrication, appareils, applications, par M. G. Pellissier. 1 vol. in-8. Paris, G. Carré et C. Naud; 1897.

La récente découverte par M. Moissan d'un procédé de fabrication commode de carbure de calcium a fait entrevoir la possibilité d'importantes applications industrielles; mais leur réalisation est subordonnée aux moyens de prévenir les dangers que présentent la préparation et l'emploi de ce gaz, ainsi qu'à la construction d'appareils qui permettront de l'utiliser dans de bonnes conditions de sécurité et d'économie.

La publication de M. Pellissier est une contribution sérieuse à l'obtention de ce résultat; elle constitue, en effet, un exposé aussi fidèle et aussi complet que possible de l'état de la question en tant qu'application de l'acétylène à l'éclairage. Plus de 100 figures précisent les descriptions du texte divisé en Chapitres méthodiquement classés, et dans lequel l'auteur insiste particulièrement sur les points d'intérêt général, tels que les dangers possibles, la préparation et l'utilisation rationnelle de l'acétylène.

Guide pour le soufflage du verre, par le Dr H. Ebert, traduit et annoté par M. P. Lugol. 1 vol. Paris, Gauthier-Villars et fils; 1897.

Le soufflage du verre, quand on suit une marche bien entendue, est un des travaux d'adresse manuelle les plus faciles et les plus profitables auxquels on puisse s'adonner. Avec l'importance de plus en plus grande que prennent, par exemple, les travaux d'Électrochimie et les phénomènes produits par la décharge dans les gaz raréfiés, des manipulations pratiques comme la soudure des électrodes, la construction des appareils à vide simples sont aussi importantes que les autres exercices.

Cet Ouvrage constitue un cours gradué de soufflage du verre, divisé en cinq séries d'exercices, allant des plus simples aux plus difficiles et embrassant tout ce qui, en fait de travail du verre, est d'un emploi journalier dans le laboratoire.

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

Allemagne.

Elektrotechnische Zeitschrift.

11/3. — Mesures d'isolement dans les réseaux à plus de deux fils; *R. Skutsch.* — Réaction d'induit due aux courants de Foucault; *Ch. Westphal.* — Flèche des fils télégraphiques (fer et bronze).

25/3. — Sur les moteurs asynchrones; *B. Behrend.* — Prises de terre sur les rails pour stations télégraphiques; *P. Höfer.*

Angleterre.

The Electrician.

12/3. — Notes sur la découverte de Zeeman; *O. Lodge.* — Résistivité du bismuth à basse température et dans un champ magnétique; *J. Dewar* et *J. Fleming.* — Distribution à 230 volts; *A. Gibbings.*

19/3. — Projecteurs (*fin*); *H. Pretty.* — Transmission par courant continu en série; *J. Hecht.* — Effet de la lumière ultra-violette sur le chlore et l'hydrogène; *J. Wild* et *J. Harker.* — De l'Électricité dans les arts chimiques et la métallurgie; *J. Keershaw.*

26/3. — Classification des galvanomètres. — Transmission de Rheinfelden. — Formules pour transformateurs; *A. Russell.*

Electrical Review.

5/3. — Le câble « rapide »; *J. Rymer Jones.*

12/3. — Lampe Blahnik. — Système Simplex pour traction.

19/3. — Recherche des défauts dans les lampes à arc. — Révolution dans la fabrication du cuivre; *H. Brown.* — Ateliers Bolton and Sons (tréfilerie et cuivre électrolytique. — Expériences sur les rayons cathodiques; *A. Swinton.*

26/3. — Extinction automatique des lampes. — Nouvelle méthode pour actionner une bobine d'induction. — Moteurs polyphasés asynchrones; *A. Eborall.*

Journal of the Society of Arts.

12/3. — Mesures à prendre contre les dangers d'incendie par l'électricité; *F. Bathurst.*

Autriche.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

15/3. — Recherches sur les propriétés magnétiques des fers et aciers autrichiens; *E. Egger.* — Résidus et oscillations des condensateurs (*suite*); *Th. Wulf.* — Lampe à arc pour faibles intensités. — Transport d'énergie de Rheinfelden.

Amérique.

Electrical Engineer.

24/2. — Détails sur les fours à carborundum.

3/3. — Distribution et diffusion de la lumière; *E. Elliott.* — Nouvel appareil Tesla pour courants de haute fréquence.

10/3. — Sous-station d'accumulateurs de la New-York Edison C°.

17/3. — Bureau téléphonique de New-Dey street à New-York; *H. Webb.*—Emploi des accumulateurs; *J. Appleton.* — Conductibilité des filaments de lampe à incandescence; *J. Howell.*

Electrical World.

30/1. — Méthode rationnelle d'essai des fils fusibles; *Perrine.* — Progrès des canalisations souterraines; *W. Mayer.*—Principes de distribution; *F. Crooker.*—Lampes à incandescence; *F. Terry.*

6/2. — Propriétés de quelques diélectriques; *G. Hantchet.* — Économie dans les électro-aimants; *W. Galdsborough.* — Principes (*suite*); *F. Crooker.*

13/2. — Canalisations intérieures; *W. Anthony.* — Transmission d'énergie à Hartford; *W. Robb.* — Rendement lumineux de l'arc alternatif; *A. Blondel* et *E. Jigouzo.* — Principes (*suite*); *F. Crooker.*

Electrical Review.

24/2. — Chauffage et cuisine électriques; *G. Cutter.*

3/3. — Bobines et condensateurs de N. Tesla.

10/3. — Signaux du Cincinnati Railway; *S. Coles.* — Conductibilité des filaments de lampes à incandescence; *J. Howell.*

17/3. — Conductibilité (*suite*); *J. Howell.*

Journal of the Franklin Institute.

Mars. — Nouvelle détermination de la conductibilité de l'aluminium; *J. Richards* et *J. Thomson.* — Fils d'équilibre pour dynamos compound couplées en parallèle; *E. Keller.* — Rayons X, interrupteur automatique perfectionné; *H. Sayen* et *E. Willyoung.*

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 5 mai 1897 (1).

Présidence de M. A. d'ARSONVAL.

La séance est ouverte à $8^h 30^m$ soir.

Le procès-verbal de l'Assemblée générale et de la Réunion mensuelle du 7 avril dernier est adopté.

Les demandes d'admission sont soumises à la Réunion, qui élit, comme Membres titulaires :

M.

Cance (Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la *Société anonyme Cance,* 177, rue Lafayette, à Paris. — Présenté par MM. A. Cance et A. Hillairet

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Chaufour (Eugène), Ingénieur électricien, E. C. P., 11, rue de la Boétie, à Paris. — Présenté par MM. F. de Nerville et A. Hillairet.

Clémenceau (Paul-Émile-Benjamin), Ingénieur de *MM. Schneider et Cie* (*Artillerie Schneider-Canet*), Répétiteur du Cours d'Électricité à l'École Centrale des Arts et Manufactures, 84, rue de Longchamp, à Paris.— Présenté par MM. E. Desroziers et A. Hillairet.

Foy (Fernand), Ingénieur de la *Maison Koerting frères,* chez MM. Koerting frères, 73-A, strada Fontanéi, à Bucarest (Roumanie). — Présenté par MM. Baechler et Ed. Labour.

Pignier (Paul), Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, 20, rue Gérando, à Paris. — Présenté par MM. P. Janet et H. Chaumat.

Revel (Alfred), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Ingénieur du *Tramway électrique* (*système Claret-Vuilleumier*) *de Paris à Romainville,* 10, rue Deguerry, à Paris. — Présenté par MM. A. Blondel et F. de Nerville.

Worms (Henri-Jean-Jacques), Ingénieur des Arts et Manufactures, à la *Société Le Carbone,* 12, rue de Lorraine, à Levallois-Perret (Seine). — Présenté par MM. Ch. Street et A. Hillairet.

Il est donné connaissance des Ouvrages suivants, offerts à la Société pour le Laboratoire :

MM.

Gouilly....... Conférence sur la vie et les travaux de B. Francklin.

J. Pionchon... Électricité industrielle, cinquième année. Leçons sur la production industrielle des courants alternatifs.

Des remercîments sont adressés aux auteurs de ces dons.

M. le Dr A. d'Arsonval, *Président.* — « Mes chers Collègues, en prenant possession du fauteuil où m'appelle votre confiance, je tiens à vous adresser l'expression de ma profonde gratitude. Je suis d'autant plus sensible au grand honneur que vous me conférez, que votre choix constitue, en quelque sorte, une dérogation à vos habitudes. Depuis nombre d'années vous avez confié la présidence à un électricien éminent qui était tantôt un représentant de la science électrique pure, tantôt un représentant de cette science appliquée à l'industrie. Je ne peux malheureusement émettre la prétention d'être l'un ou l'autre. La camaraderie ne peut être invoquée non plus, puisque je n'appartiens à aucune de nos grandes écoles chargées de former ou des ingénieurs ou des savants. Mon seul titre officiel

est un diplôme de docteur en médecine, dont, heureusement pour mes semblables, je n'ai jamais songé à me servir et qui serait en tout cas bien insuffisant pour motiver l'honneur que vous me faites. Laissez-moi croire que la sympathie que vous m'avez témoignée est due surtout à la certitude que vous aviez du profond intérêt que j'ai porté, dès ses débuts, à notre Société. Vous avez vu en moi un homme passionné pour la recherche, ayant une foi profonde dans les brillantes destinées de la nouvelle science et cherchant à la faire progresser plutôt à la façon d'un curieux de la nature que d'un professionnel proprement dit. Puis, votre Société réalisait pour moi un milieu répondant à mes aspirations les plus secrètes, milieu éminemment suggestif, puisqu'il réalise à chaque instant l'alliance si profitable pour tous de la théorie et de la pratique. Le chercheur qui reste confiné dans son laboratoire n'a qu'un horizon restreint; les théories qu'il élabore lui semblent forcément parfaites, tant qu'il ne les soumet pas à la redoutable épreuve de la pratique industrielle.

» L'Industrie constitue la pierre de touche de la réalité d'une théorie. Mieux que toutes les équations elle intègre les variables du problème, sans en négliger aucune.

» La théorie sort fortifiée, affinée de cette lutte directe avec la matière et à son tour elle peut éclairer plus utilement la pratique.

» Vos travaux de tous les jours montrent quels magnifiques résultats peuvent sortir de cette alliance constante et féconde de la théorie et de la pratique, du laboratoire et de l'atelier; c'est pourquoi je les ai toujours suivis avec tant d'intérêt.

» Cette idée est celle de savants éminents, et il me suffira de prononcer un nom aussi aimé des industriels que respecté et admiré des savants : j'ai cité notre ancien président, M. Potier. Si les savants ne s'éloignent plus des ateliers, il est juste de reconnaître que les industriels ne leur ménagent pas non plus les encouragements pour les y attirer. Vous avez pu voir avec quelle ardeur mon prédécesseur distingué, M. Sciama, s'est occupé de toutes les questions de théorie pure et d'enseignement relatifs à notre École et à notre laboratoire. Mais, ce que vous ne pouvez savoir, et ce qu'il s'est bien gardé de vous dire, c'est la somme de travail, c'est la quantité de temps qu'il

a dû fournir pour remettre entre mes mains la Société dans l'état de prospérité où il me la lègue. Nous nous sommes tous associés à M. Sciama lorsqu'il a remercié, dans la dernière séance, ses principaux collaborateurs dont les noms nous sont connus et nous sont chers à plus d'un titre. Qu'il me permette, à mon tour, d'être l'interprète de la Société tout entière, en le remerciant publiquement du zèle et du dévouement dont il a fait preuve durant sa présidence.

» Vous m'avez légué, mon cher ami, une lourde tâche : celle de vous remplacer. Si je ne consultais que mes propres forces, je vous donnerais en exemple à mes successeurs, seulement, en ayant soin de m'éliminer du concours. Mais, heureusement, notre secrétaire général sortant a fait des élèves, et vous m'avez donné, dans le futur président, un ami qui a fait ses preuves. Je compte sur leur concours pour alléger ma tâche. » (*Applaudissements.*)

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

SUR LE SYSTÈME DE TRACTION ÉLECTRIQUE DES LIGNES DE LA MADELEINE A COURBEVOIE, NEUILLY ET LEVALLOIS.

M. F. Lasnier. — « Ce nouveau système de traction, mis en service par la Compagnie des Tramways de Paris et du département de la Seine, a été installé par les soins de la Société industrielle de moteurs électriques et à vapeur; il est basé principalement sur l'emploi d'accumulateurs, dits à charge rapide, du type construit par la Société Tudor [1].

» Avant d'aborder la description des procédés employés, il est nécessaire de donner quelques indications sur les lignes de tramways où a été faite cette installation.

» Les lignes sur lesquelles la traction a été transformée sont au nombre de trois; elles ont toutes leur origine à la Madeleine, suivent le boulevard Malesherbes, l'avenue de Villiers; à la place Péreire, l'une d'elles se bifurque pour gagner Levallois, quai Michelet, par la porte de Courcelles, la rue de Courcelles et la rue Cavé. Les deux autres continuent par l'avenue de Villiers, franchissent la porte Champerret, et de là se dirigent toutes les deux sur Courbevoie en passant : l'une par le boulevard et le pont Bineau, l'autre par la route de la Révolte, l'avenue et le pont de Neuilly. Les longueurs d'exploitation sont respectivement pour ces trois lignes :

De la Madeleine à Levallois..........................	4900^{m} environ
De la Madeleine à Courbevoie par le pont Bineau.......	5300 »
De la Madeleine à Courbevoie par le pont de Neuilly....	6950 »

» Le profil en long de ces lignes, quoique peu accidenté, n'en est pas moins dur au point de vue de l'exploitation. Il présente, en effet, à l'aller la rampe du boulevard Malesherbes, qui a près de 900^{m} de long avec une inclinaison continue de $0^{m},016$ par mètre. Or, cette rampe se trouve au commencement du parcours, et, par suite, les montées de voyageurs y sont nombreuses et les arrêts fréquents, car on n'a pas encore pu obtenir l'autorisation d'avoir des arrêts fixes. De même au retour, l'avenue de Villiers présente une rampe de 950^{m}

(1) *Voir* la Communication de M. Blanchon, séance du mois de mars 1897.

environ de longueur, avec une inclinaison de 0,010 à 0,012, sur laquelle on a compté jusqu'à dix arrêts consécutifs.

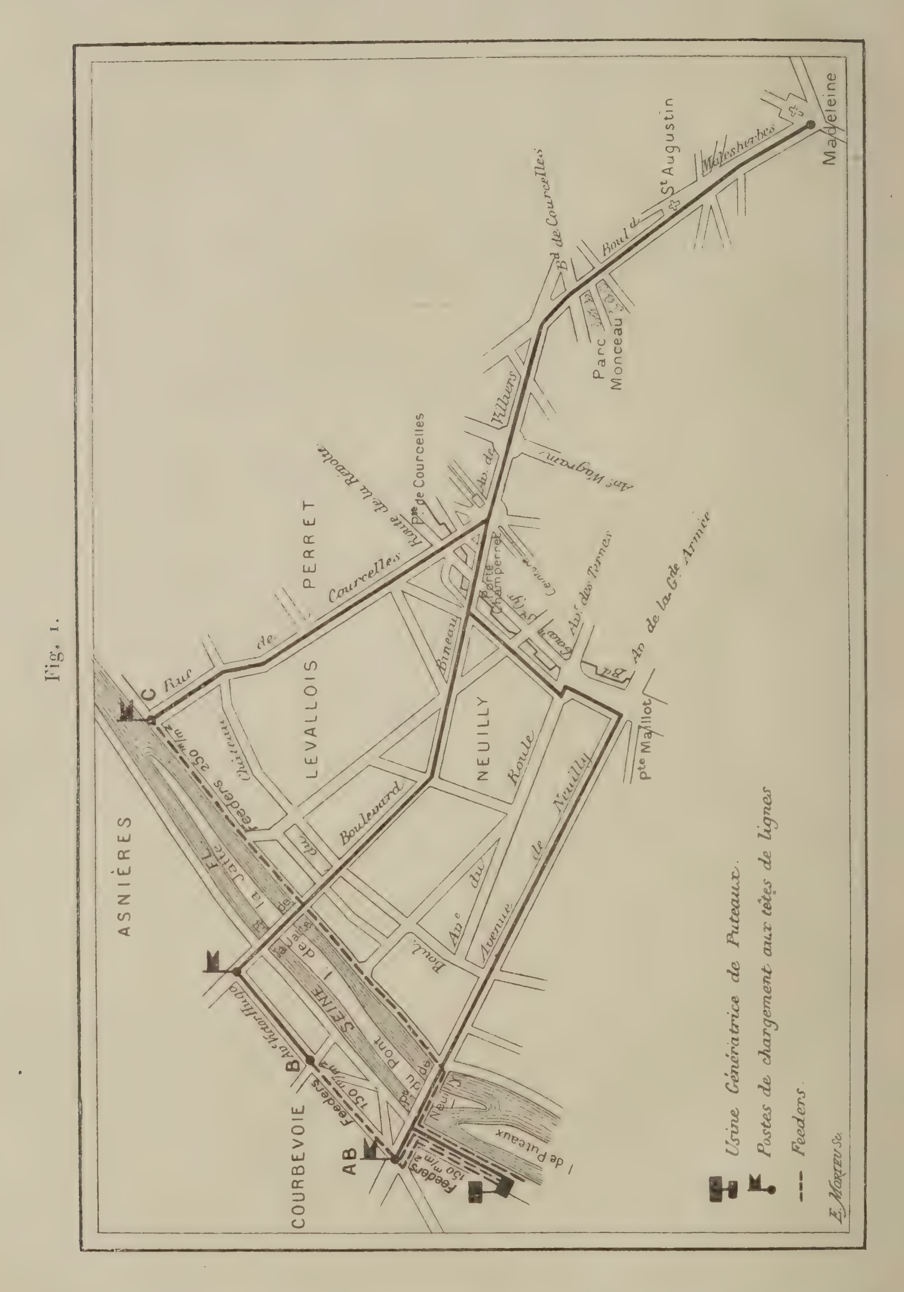
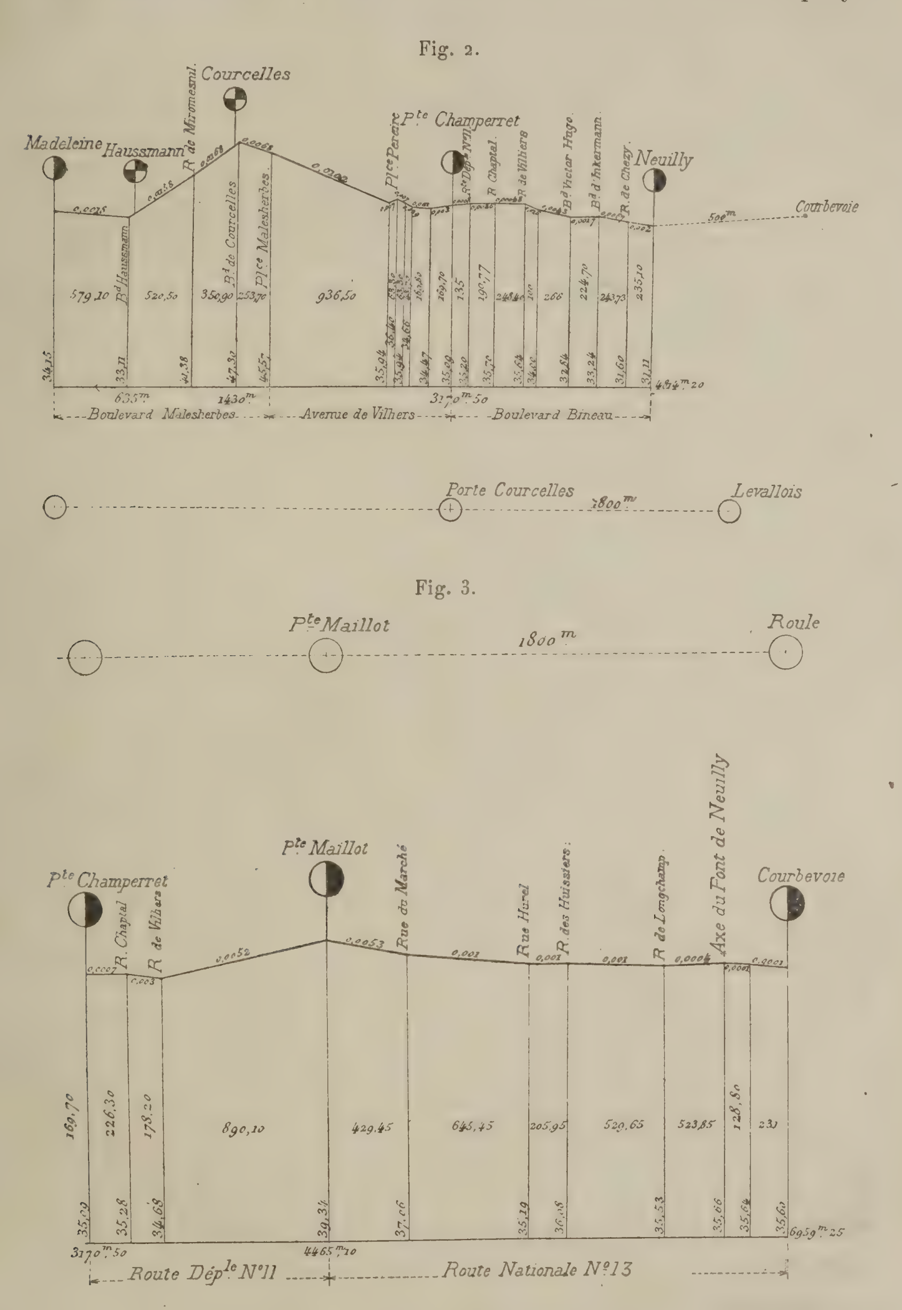


Fig. 1.

» Le problème de traction à résoudre était le suivant : établir un système de traction, n'employant pas de fils aériens, ne nécessitant que l'établissement d'une seule usine pour la production de l'énergie.

» Après diverses études, la solution adoptée fut la suivante : on utiliserait des voitures à accumulateurs ; les accumulateurs employés



seraient à charge rapide, la charge s'effectuerait à chaque voyage complet ; l'usine, établie en dehors de Paris, fournirait le courant au

moyen de câbles souterrains, aux têtes de lignes où s'effectuerait le chargement des voitures.

» Nous allons donc décrire : l'usine de production d'énergie, le système de distribution, le système de chargement des accumulateurs, les voitures automobiles, et enfin nous donnerons quelques résultats obtenus.

I. — Usine génératrice.

» L'usine où se produit l'énergie nécessaire à la traction est située à Puteaux, sur le quai National, dans l'ancien dépôt de la Compagnie des Tramways de Paris et du département de la Seine. La situation se prête très bien à la production économique de la force motrice, car l'on est à proximité de la rivière, ce qui permet d'avoir les charbons à bon marché et l'eau en abondance.

» Elle comprend :

» 1° Une salle de chauffe dans laquelle se trouvent trois générateurs multitubulaires Babcock et Wilcox, timbrés à 16^{kg} et pouvant vaporiser chacun 1800^{kg} d'eau à l'heure. Un réchauffeur d'eau d'alimentation, dit *économisateur*, qui utilise les gaz chauds sortant des chaudières, toutes les fumisteries, y compris les carneaux de fumée, ont été établies en élévation, car, en temps de crue, la Seine atteint un niveau qui n'est que de $0^{m},50$ inférieur à celui de la salle de chauffe. Un dispositif spécial, employé à l'intérieur des générateurs, permet d'évacuer la plus grande partie des dépôts qui se forment au moment de l'injection de l'eau d'alimentation. Dans cette salle, se trouvent également disposés les appareils accessoires d'alimentation qui comprennent un petit cheval et un injecteur.

» 2° Une salle de machine où sont disposés trois groupes électrogènes Willons-Brown pour 200 ampères sous 600-660 volts. Ces groupes comprennent chacun une machine à vapeur à simple effet, à trois lignes de cylindres, chaque ligne comportant elle-même trois cylindres permettant de fonctionner à triple expansion; la détente dans le cylindre à haute pression est variable automatiquement et commandée par le régulateur; la dynamo à *excitation shunt* est entraînée directement par l'arbre de la machine à vapeur; le nombre de révolutions par minute de ces groupes est de 460. On compte pouvoir faire le service normal avec deux machines en

marche. La salle des machines comprend la tuyauterie d'échappement des machines et un condenseur, système Blake, qui peut

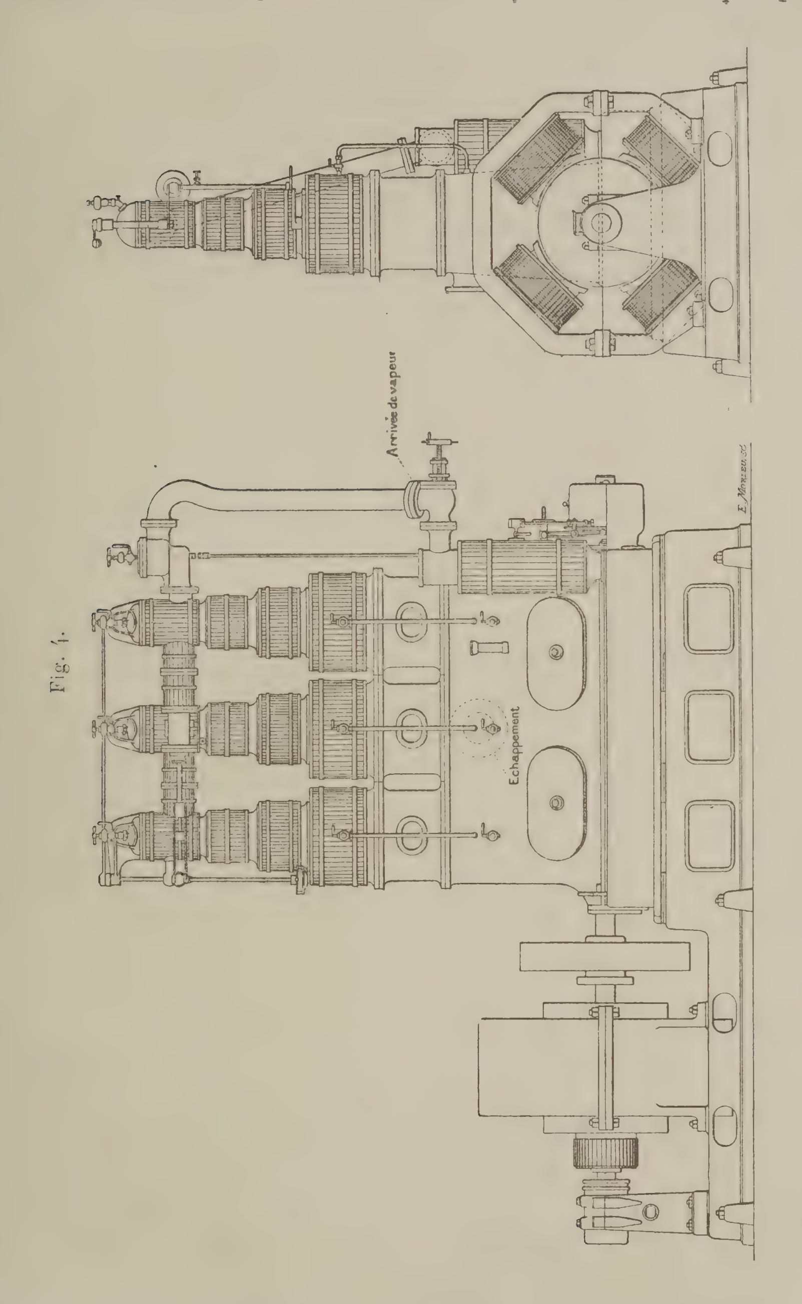


Fig. 4.

assurer la marche à condensation des trois groupes électrogènes; une série de vannes permettant à chaque machine de fonctionner indépendamment à l'air libre ou au condenseur. On a encore disposé

dans cette salle un pont roulant pour faciliter la visite et le démontage des machines. Enfin, le tableau de distribution occupe un des murs du bâtiment; nous le décrirons plus loin.

» 3° et 4° Le bureau du mécanicien et le magasin à huiles.

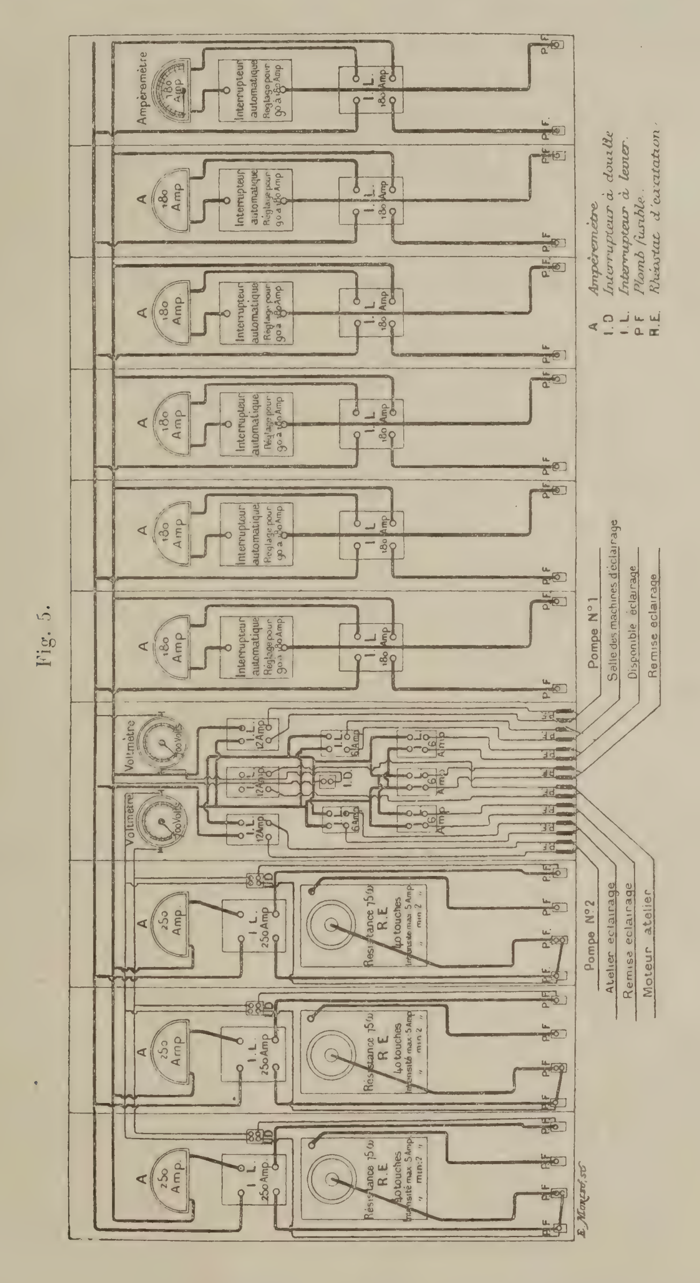
» 5° Le service de l'eau nécessaire à l'alimentation de l'usine et des différents services du dépôt placé à proximité et de l'eau nécessaire à la condensation. On a établi, dans ce but : une prise d'eau en Seine; une conduite d'aspiration, qui ne mesure pas moins de 70^{m} de longueur, pour une hauteur d'aspiration maxima de 5^{m},60. Une salle établie en sous-sol où sont disposées 3 pompes centrifuges. 2 pompes. de chacune 100^{mc} à l'heure, peuvent fournir l'eau nécessaire à la condensation; elles aspirent toutes deux dans la même conduite et refoulent dans une citerne, qui contient l'eau nécessaire à la condensation de deux machines pendant trente minutes; ces pompes sont accouplées directement à des électro-moteurs à *excitation shunt;* la troisième, qui peut être commandée indistinctement par l'un quelconque des moteurs des deux pompes principales, au moyen de courroies, sert de relais et renvoie l'eau dans un réservoir situé à 13^{m} au-dessus du niveau du sol, sur un pylone métallique. L'eau d'alimentation des générateurs peut être prise : soit dans le réservoir en charge, soit dans un bac où se déverse l'eau sortant du condenseur. Enfin, un aspirateur, fonctionnant au moyen de la vapeur, peut permettre l'alimentation en cas d'avarie à la prise d'eau.

» 6° Le parc à charbons, où l'on peut emmagasiner 600 tonnes de combustible.

II. — Distribution de l'énergie aux têtes de ligne.

» Pour assurer un fonctionnement régulier des trois lignes, il était absolument indispensable de rendre indépendantes les charges aux trois têtes de lignes. Il est, en effet, impossible de soumettre la marche des voitures à un horaire absolument fixe. En conséquence, il fallait prévoir la possibilité de charger simultanément une, deux, trois ou quatre voitures. Comme la charge des voitures débute souvent avec un courant de 175 ampères, l'à-coup donné aux machines eût été trop considérable; on a donc prévu l'installation d'une batterie-volant qui puisse permettre de parer à cette mise en

charge anormale. La batterie-volant est constituée par trois batteries de voiture mises en quantités, au-dessus desquelles se trouvent


Fig. 5.

placés en série cent éléments du type 3U de la société Tudor, avec réducteur pour le réglage de la tension; de cette manière, il sera possible de faire fonctionner à charge presque constante les généra-

trices. Enfin, le potentiel aux bornes des batteries étant, pendant la charge, fonction de l'intensité qui passe dans les feeders, pour que la charge soit régulière, il faut que la charge des voitures d'une ligne ne soit pas influencée par la charge des voitures d'une autre ligne; d'où la nécessité d'employer des câbles spéciaux pour chaque tête de ligne. On a gagné, dans l'emploi de ce système, une indépendance absolue dans le fonctionnement des lignes et la possibilité d'effectuer des réparations sans suspension totale du service.

» En conséquence, le tableau de distribution a été ainsi compris :

» Trois panneaux identiques sont reliés à chacune des trois génératrices; ils comprennent chacun le rhéostat d'excitation de la génératrice, un coupe-circuit bipolaire, un interrupteur bipolaire, un ampère-mètre: au-dessus de ces trois panneaux, se trouvent les barres de distribution du courant sur le tableau, qui se prolongent sur toute sa longueur; un quatrième panneau porte 2 voltmètres; l'un est branché sur les bornes du tableau, l'autre peut être branché sur l'une quelconque des génératrices pour leur mise en quantité; il est encore pourvu des interrupteurs et des coupe-circuits pour le service intérieur de l'usine, moteurs des pompes, moteurs d'ateliers; éclairage de l'usine, du dépôt et des cours. Les cinq panneaux suivants servent à la distribution aux divers postes de chargement : deux servent pour le dépôt, un pour la tête de ligne de chargement de Courbevoie-Pont de Neuilly, un pour celle de Courbevoie-Pont Bineau, un pour celle de Levallois; le dernier sert au branchement de la batterie-volant. Ils comprennent chacun un ampère-mètre, un disjoncteur à maxima et des coupe-circuits bipolaires.

» Le tableau est placé dans un encadrement en menuiserie qui permet d'accéder à l'arrière du tableau où sont situés les rhéostats, le départ des feeders et l'arrivée des câbles issus des génératrices.

» Les longueurs de chacun des feeders sont respectivement, pour les diverses têtes des lignes de chargement :

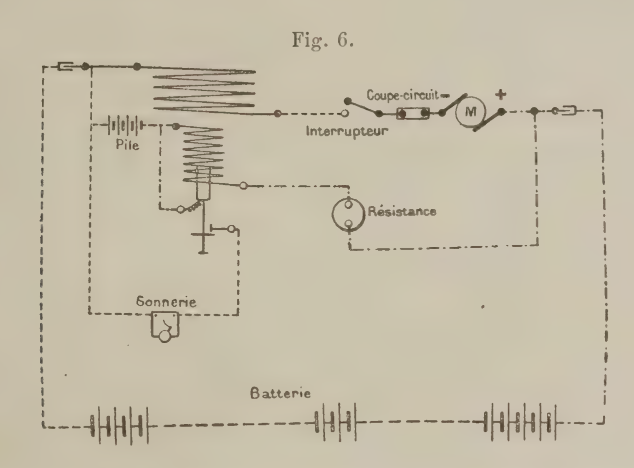
Courbevoie-Pont de Neuilly	650 m
» Pont Bineau	2000
Levallois	3500

» La résistance de chacune des lignes a été ramenée à être sensi-

blement voisine de $0^{ohm},45$; on peut, pour les lignes les plus chargées, faire varier la résistance des feeders afin d'augmenter ou de diminuer la perte en ligne ; par suite, la tension à l'extrémité des feeders, d'où augmentation ou diminution de la durée de charge des batteries en ces divers points.

» A chaque tête de ligne on a disposé deux bornes qui contiennent les appareils nécessaires à la mise en charge des voitures ; elles ont à peu près l'aspect extérieur des avertisseurs d'incendie placés en divers points de la capitale. Chacune de ces bornes contient des coupe-circuits bipolaires, un interrupteur bipolaire et un

Fig. 6.



avertisseur de fin de charge qui prévient automatiquement le cocher que sa voiture est prête à partir. Le principe de l'avertisseur de fin de charge est le suivant :

» Au moment de la mise en charge d'une voiture, deux circuits se trouvent fermés : l'un comprend la batterie et un solénoïde en gros fil, qui a seulement quelques tours ; l'autre comporte un solénoïde en fil fin et une résistance de réglage. Les deux solénoïdes sont à l'intérieur l'un de l'autre et enroulés de manière à annuler leurs effets ; à l'intérieur se trouve une armature mobile qui peut, par son déplacement, fermer le circuit d'une sonnerie. Au début de la charge, l'intensité est suffisante pour annuler, au moyen du solénoïde en gros fil, l'effet du solénoïde en fil fin ; à la fin de la charge, la force contre-électromotrice montant aux bornes des accumulateurs réduit le courant de charge qui, à un moment donné, ne peut plus contrebalancer l'effet du solénoïde en fil fin, lequel fait déplacer

l'armature et met la sonnerie en mouvement. La mise au point de l'appareil se fait en déplaçant, au moyen d'une vis, le solénoïde en fil fin dans le solénoïde en gros fil.

III. — Voitures automotrices.

» Les voitures automotrices employées comprennent deux parties distinctes et indépendantes : la caisse et le châssis ou truc moteur. La caisse repose sur le truc par l'intermédiaire de ressorts et peut être facilement retirée. La suspension ainsi obtenue est remarquablement douce.

» Les principales caractéristiques de la voiture sont les suivantes :

Longueur maxima	7,950 m
Largeur »	2,060
Hauteur »	4,520

Nombre de places assises.	Intérieur	20
» »	Impériale	26
» debout.	Plate-forme	6
	Total	52

Dimension de la place offerte à chaque voyageur.	Intérieur	0,425 mq
	Impériale	0,420
	Plate-forme	0,32

» La voiture se trouve munie :

» *a*. D'une batterie d'accumulateur de deux cents éléments Tudor du type 2002, décrits précédemment par M. Blanchon ; nous ne reviendrons pas sur leur description, nous nous contenterons de rappeler que les éléments sont composés de cinq plaques : deux positives, formation Planté ; trois négatives, formation Faure, contenues dans un bac en ébonite ; que les batteries sont établies à poste fixe sous les banquettes d'intérieur, à raison de cent éléments par banquette ; qu'elles sont accessibles par l'intérieur de la voiture ; que le poids total d'une batterie est de 3600^{kg}.

» *b*. De deux moteurs excités en série, capables de développer chacun une puissance normale de 15^{chx}, puissance qui peut s'élever pendant quelques minutes jusqu'à 25^{chx}.

» *c*. Des appareils de mise en marche et de contrôle de la vitesse.

Ces appareils comprennent eux-mêmes un rhéostat à liquide, un rhéostat métallique et le contrôleur proprement dit. Ce dernier

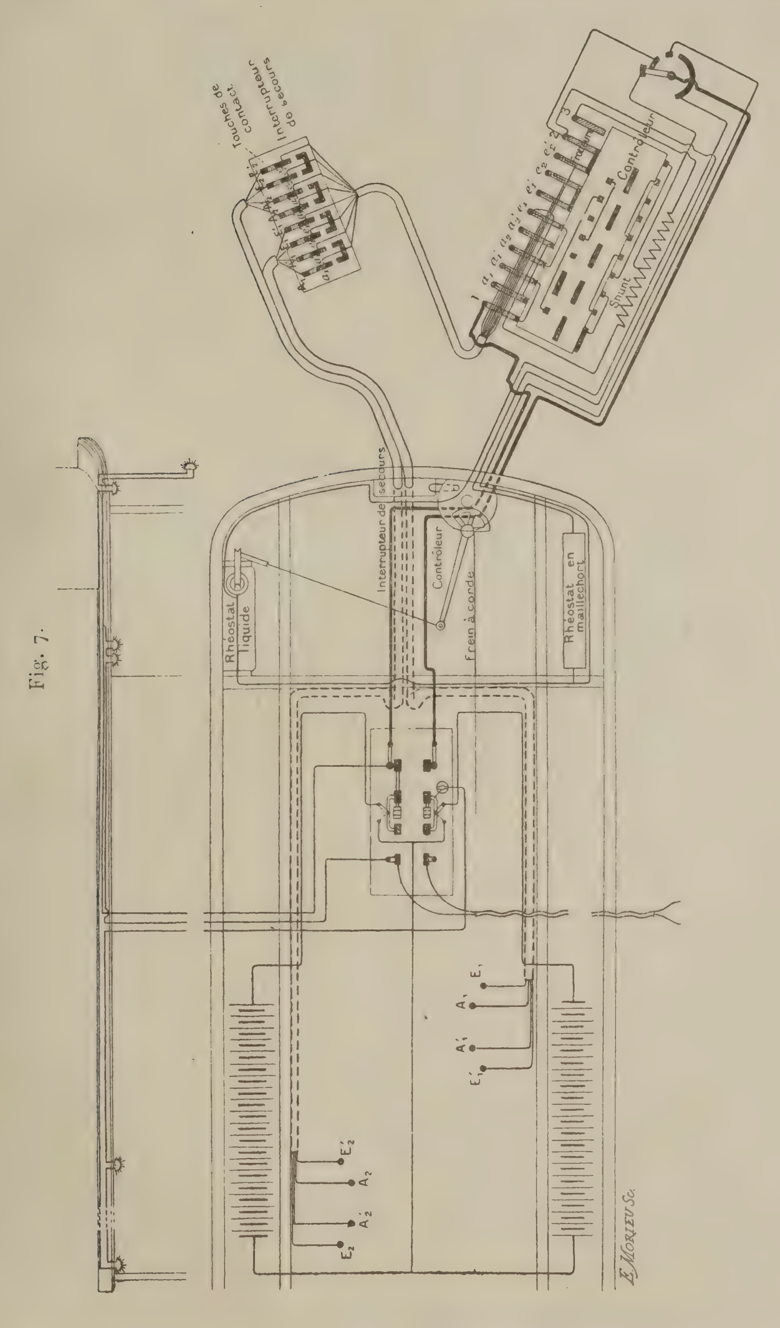


Fig. 7.

appareil est constitué : 1° par un coupleur ; 2° par un commutateur.

» Le compteur n'agit que sur les moteurs et non sur la batterie,

qui reste constamment couplée de la même manière, soit les deux cents éléments en série.

» Il permet de marcher : 1° Avec les deux moteurs en série; 2° avec les deux moteurs en parallèle; 3° de freiner électriquement la voiture; 4° de marcher en arrière, les moteurs étant en série. Le coupleur est manœuvré par une poignée spéciale.

» Le commutateur est manœuvré par une manivelle qui permet, pour chaque couplage, la mise en marche par la suppression graduelle du circuit de la résistance liquide et de la résistance métallique, et, enfin, le shuntage des électros des moteurs. Cette même manivelle permet également de commander les freins Lemoine ; on a pu, au moyen de cette disposition, arrêter une voiture marchant à la vitesse de 20^{km} à l'heure sur une pente de 0,020 en moins de 8^{m}, sans se servir du frein électrique. Pour mettre une voiture en marche, le cocher électricien met d'abord la manette du coupleur sur la marche en série, puis agit sur son coupleur; si la route est libre, il ramène son commutateur à o et, par cette manœuvre, coupe le courant; il change son couplage, met les moteurs en parallèle et ramène son commutateur de manière à supprimer successivement toutes les résistances. La manœuvre peut se faire suffisamment vite, par un cocher exercé, pour que les voyageurs ne ressentent aucune secousse.

» *d*. Les appareils de charge, qui comprennent un tableau, sur lequel est disposé un interrupteur bipolaire à deux directions. Cet appareil permet, par un simple renversement : 1° d'isoler les moteurs de la batterie; 2° de mettre en marche deux ventilateurs qui aspirent l'air dans les banquettes et produisent une ventilation suffisante pour évacuer les gaz acides et évaporer l'humidité qui se dépose sur les parois des coffres à accumulateurs; 3° pendant la nuit, de mettre deux lampes supplémentaires dans le circuit d'éclairage.

» *e*. Les appareils d'éclairage, qui comprennent cinq lampes, une à l'impériale, un fanal d'avant, deux lampes d'intérieur et un fanal d'arrière. Ces cinq lampes sont en série sur la batterie de la voiture.

» *f*. Les freins, qui comprennent : un frein électrique, un frein à corde, système Lemoine, commandé de l'avant; un frein à vis commandé de l'avant.

» *g.* Des sablières avant et arrière, commandées de l'avant.

» *h.* Les appareils de secours, qui comprennent : un commuta-

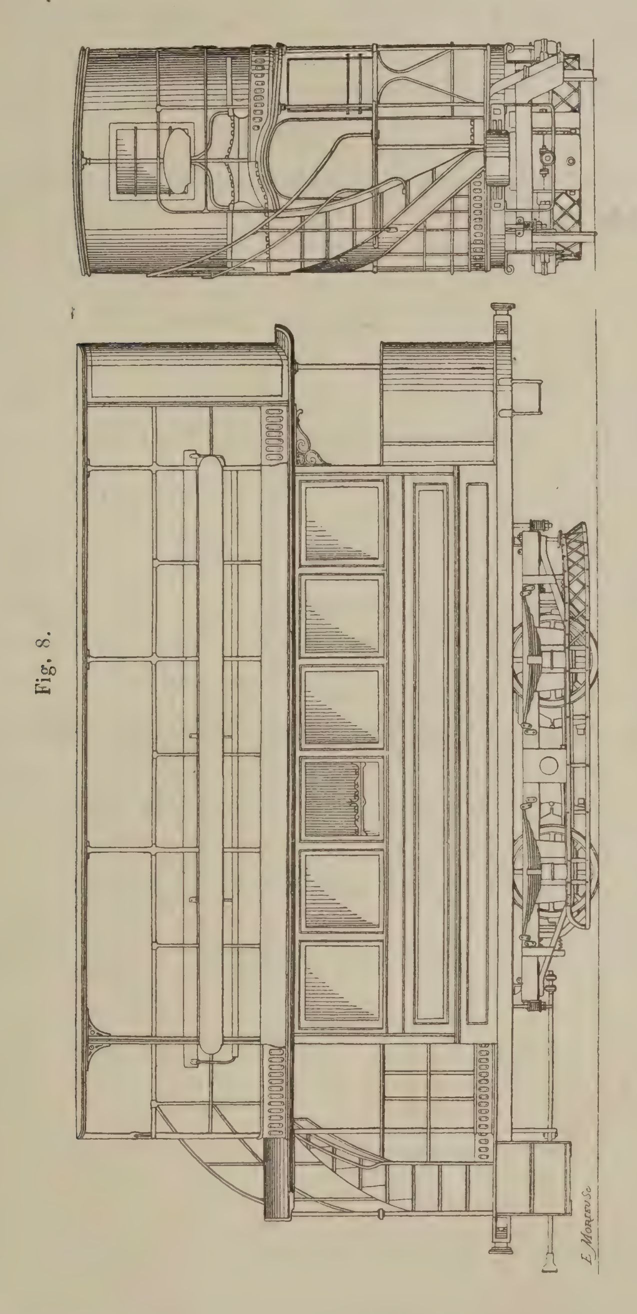


Fig. 8.

teur, permettant la mise hors circuit de l'un quelconque des moteurs; un commutateur, permettant la mise hors circuit de l'une

quelconque des demi-batteries d'accumulateurs; un interrupteur, qui permet l'arrêt de la voiture par l'arrière; un frein à vis commandé par l'arrière; deux poignées de manœuvre pour l'arrière des sablières et, enfin, deux commutateurs spéciaux permettant, en cas d'extinction de l'éclairage, de réallumer les lampes des fanaux avant et arrière.

» Le poids total de la voiture, ainsi équipée et portant 52 voyageurs, est de 14000^{kg}.

IV. — Résultats obtenus.

» *Vitesse.* — Elle peut atteindre en palier 25^{km} à l'heure; elle est encore, sur une rampe de 0,020, de 14^{km} à l'heure.

» *b. Parcours journalier.* — Il est en moyenne, pour chaque voiture mise en service, de 125^{km}.

» *c. Temps employé par la charge.* — Il est de 8 à 13 minutes.

» *d. Allure de la charge.* — Elle dépend de la tension sur la ligne et est également fonction du temps que l'on veut consacrer à la charge; elle peut débuter à 180 ampères pour se terminer aux environs de 100-120, ou débuter à 160 pour se terminer à 80-90.

» *e. Consommation.* — Bien que la mise en service officielle des premières voitures ne remonte qu'à deux mois environ et que l'on puisse objecter que les résultats qui vont suivre n'ont pas la sanction d'une longue pratique, nous croyons néanmoins qu'ils sont intéressants.

» Des essais de consommation ont été faits à deux reprises différentes.

» Les *premiers* ont eu lieu le 17 avril 1897. Les appareils employés étaient des enregistreurs Richard, et comprenaient :

1 ampère enregistreur pour..........	250 ampères.
1 voltmètre........................	150 volts

Comme, pendant la charge, la tension varie à l'usine entre 500 et 600 volts, ce dernier appareil avait été placé en dérivation sur une des lampes d'un circuit d'éclairage composé de six lampes à incandescence, et l'on avait étalonné ses indications avec un voltmètre

Chauvin-Arnoux. Les essais ont duré quatre heures, de $1^h 30^m$ à $5^h 30^m$; ils ont porté sur seize charges consécutives.

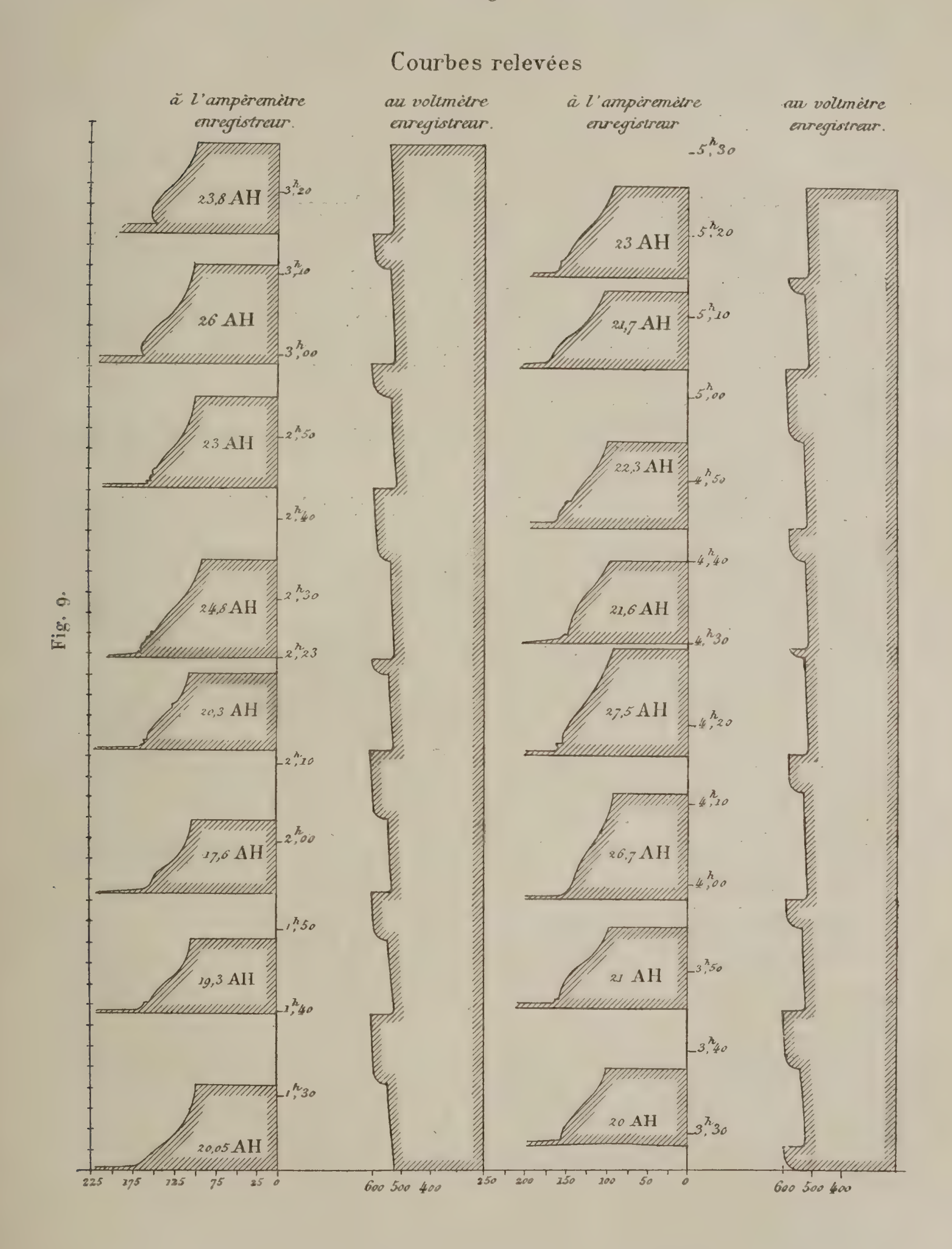


Fig. 9.

» Les appareils étant placés à l'usine, au départ du feeder de la ligne de Courbevoie-Pont de Neuilly, le nombre de voitures en ser-

vice étant de 8, on a obtenu les résultats suivants :

Énergie fournie 358,65 ampères-heure sous 525 volts moyens.

Soit par charge............... $\frac{358,65 \times 525}{16} = 11768^{w},2$

Et par voiture-kilomètre ...... $\frac{11768^{w},2}{14} = 840^{w},6$

» Ces essais n'ont porté que sur l'énergie demandée à l'usine.

» La *deuxième série* d'essais a commencé le 1er mai, à $10^{h}45^{m}$ du matin, et s'est terminée le 3 mai, à $11^{h}15^{m}$; les appareils employés étaient des compteurs d'énergie E. Thomson. Cette série d'essais a porté : 1° sur l'énergie demandée à la station; 2° sur l'énergie restituée par ces accumulateurs.

» Un compteur était placé dans l'usine au départ du feeder, un second sur une voiture.

» Le nombre de mises en charge observées à l'usine a été de 151 consécutives, sur huit voitures différentes. Le nombre de décharges observées a été de 5 consécutions sur la voiture n° 2 et de 3 sur la voiture n° 8. La voiture n° 2 a déjà fait, sans entretien sur sa batterie, 6000^{km}; l'état des plaques est encore tel qu'il était au moment de la mise en service, et tout fait prévoir que cette batterie ne nécessitera pas de lavage avant 8000 à 10000 nouveaux kilomètres. La voiture n° 8 a parcouru 4000^{km}, sa batterie est dans un état aussi satisfaisant que celle de la voiture n° 2.

» Au début des essais, le compteur placé à l'usine marquait 18200 watts-heure. A la fin des essais, 1657000 watts-heure pour 151 charges; la charge moyenne correspondait donc à une moyenne de 10853 watts-heure. Comme la décharge correspondante comportait un parcours de 14^{km}, la dépense par kilomètre ressort à 775 watts-heure.

» Au début des essais, le compteur placé sur la voiture n° 2 marquait 15850 watts-heure. Après cinq voyages de 14^{km}, il marquait 55950 watts-heure, les accumulateurs avaient donc restitué 38100 watts-heure ; soit 545 watts-heure par kilomètre-voiture.

» Sur la voiture n° 8, le compteur marquait 74850 watts-heure au début de l'observation, 98150 watts-heure à la fin, soit, pour un parcours de 42^{km}, 23300 watts-heure correspondant à une restitution

de 552 watts-heure par kilomètre-voiture. Le rendement des accumulateurs et de la ligne ressort donc à 70 pour 100 environ.

» On peut remarquer que les deux séries d'essais n'ont pas donné des résultats absolument identiques : on peut attribuer cette différence à ce fait que le 17 était la veille d'un jour de fête, Pâques tombait le 18, et que de $1^h\frac{1}{2}$ à $5^h\frac{1}{2}$ le service est plus chargé que le matin et que dans la soirée.

» *f. Consommation de charbon.* — Pour un parcours de 952^{km} fait par les voitures en service régulier, et de 90^{km} faits par les voitures d'études (apprentissage des cochers), soit un total de 1042^{km}, il entre dans la salle de chauffe six wagons contenant 450^{kg} de charbon; soit 2700^{kg}, ce qui fait par voiture-kilomètre $2^{kg},591$.

» Il faut tenir compte de ce fait que, à l'heure actuelle, la station ne fonctionne qu'avec les $\frac{2}{7}$ de sa charge, et que le condenseur, le petit cheval, le moteur de la pompe de la prise d'eau, le moteur de l'atelier et l'éclairage, qui sont des facteurs constants comme consommation de vapeur, sont reportés en entier sur les $\frac{2}{7}$ du nombre total des kilomètres journaliers à faire. On peut donc espérer que ce chiffre de $2^{kg},591$ s'abaissera.

» *g. Entretien des accumulateurs.* — Depuis la mise en service l'entretien des accumulateurs s'est borné au remplissage d'acide des bacs et à la substitution de quelques éléments qui avaient été mis en court circuit par la chute du plomb au moment du montage. On peut d'ailleurs se faire une idée exacte de ce qu'il sera si l'on compare les résultats obtenus à Hanovre, où fonctionnent des batteries à peu près semblables à celles qui sont employées à Paris.

» On lit dans l'*Electrotechnischen Zeitschrift,* sous la signature de M. Ross :

« Il fallait encore déterminer quels étaient les frais exigés par l'entretien et le service des batteries. Les batteries doivent naturellement être examinées périodiquement; de même il faut, de temps en temps, les laver, les remplir à nouveau d'acide, etc. Tandis que, ainsi que cela a déjà été mentionné, ces travaux étaient au début effectués par la Société Tudor, l'administration des Tramways de Hanovre les a pris à sa charge depuis le milieu de l'année passée. Du 1er septembre au 31 décembre 1896, on a effectué en tout, avec les voitures à accumulateur, 37 120 heures kilomètres-voitures sur les trajets de décharge.

» Pendant cette période, les dépenses en matériel étaient de 2300^{fr},30, dans lesquels figure le remplacement de dix-huit plaques. En salaires du personnel de service on a dépensé, dans cet espace de temps, 3789^{fr},53; de sorte que, d'après ces chiffres, la dépense totale pour le service et l'entretien des batteries est de 1^{c},65 par kilomètre-voiture accumulateur, ou, en tenant compte du parcours total de la ligne, 0^{c},65 par kilomètre-voiture parcouru dans cet espace de temps. Les plus anciennes batteries en service à la fin de l'année avaient fourni une décharge d'accumulateurs sur 24000^{km}. »

» Il nous semble, en terminant, que si, comme cela est probable, les résultats continuent à être aussi satisfaisants qu'ils le sont actuellement, ce système de traction pourra fournir une solution élégante au problème de la traction mécanique à Paris. »

M. le Président remercie M. Lasnier.

AUTOMOBILES ÉLECTRIQUES.

M. Hospitalier. — « L'Électricité, cette puissance si envahissante, a-t-elle quelque chance de prendre une place importante dans le domaine de la locomotion automobile ?

» C'est ce que je me propose d'examiner aujourd'hui, avec une témérité bien excusable chez un partisan, platonique mais convaincu, un précurseur et un apôtre de ce mode de locomotion dont il a suivi la naissance, encouragé les premiers pas, et voit avec la satisfaction d'un *oncle* affectueux son neveu atteindre l'âge adulte avec toutes les apparences d'une féconde et virile majorité.

» Bien que le moi soit haïssable, nous nous permettrons une citation personnelle, la première et la dernière, empruntée à un article que nous publiions dans le journal *La Nature*, du 31 décembre 1881, à propos de la *Distribution de l'électricité* (on ne disait pas encore *énergie électrique*) :

« Les études sont dirigées aujourd'hui du côté des accumulateurs, et l'on peut espérer que, dans quelques années, on sera arrivé à les construire assez légers pour pouvoir faire fonctionner des véhicules *pendant quelques heures* à l'aide de l'électricité emmagasinée. Il sera facile alors d'établir en certains points de la capitale de véritables relais où l'on viendra recharger les accumulateurs en les branchant sur la canalisation générale de la distribution. On aura ainsi réalisé le cheval de fiacre électrique et sa nourriture électrique.

» Nous n'en sommes pas encore là au point de vue pratique, mais combien d'années encore cette utopie mettra-t-elle à devenir une réalité ? »

(Extrait de *La Nature* du 31 décembre 1881, p. 74.
Article sur la Distribution de l'électricité.)

» L'utopie d'il y a quinze ans est la réalité d'aujourd'hui, la pratique de demain, et nous allons rapidement parcourir les étapes de cette évolution industrielle dont l'importance et l'avenir sont encore méconnus du plus grand nombre.

» Hâtons-nous de dire que les visées de l'électricité, en matière d'automobiles, sont des plus modestes : elle ne veut remplacer ni la vapeur, ni le pétrole, pas plus qu'elle ne voudrait et ne saurait,

pour le moment, atteindre les vitesses fantastiques des pétrolettes. C'est le cheval de fiacre ou de locatis que nous voulons voir disparaître, et au plus tôt, pour l'assainissement et l'embellissement de Paris et des grandes villes.

» Plus tard, nous nous attaquerons aux voitures de luxe, et nos constructeurs créeront avant peu un véhicule élégant et léger dont la conduite pourra être confiée à nos gracieuses chaufferettes sans les exposer à tous les désagréments des automobiles à essence de pétrole, des *Essencielles,* si l'on peut ainsi dire.

» Mais, avant de décrire le principe de l'automobile électrique, un mot du cheval qu'il s'agit de remplacer. Ce cheval ne représente pas du tout 75^{kgm} par seconde, et l'on sait par quelles considérations, très étrangères à la Science, Watt fut conduit à le créer. M. W.-H. Preece, l'éminent électricien anglais, l'a rappelé récemment à la *Society of Arts.* Les meilleurs chevaux anglais employés dans les usines et les brasseries, à l'époque à laquelle Watt fit ses expériences, produisaient seulement une puissance de 22000 pieds-livres par minute, soit, très sensiblement, 50^{kgm} par seconde. Pour éviter tout mécompte dans la substitution des moteurs à vapeur à l'hippomoteur, Watt créa le *horse-power* de 33 000 pieds-livres par minute, le cheval-vapeur de $75^{kgm},9$ par seconde. Nous avons servilement imité l'inventeur anglais, en foulant aux pieds les principes du système métrique et décimal, et en adoptant le cheval-vapeur *arrondi* à 75^{kgm} par seconde. Espérons qu'il ne tardera pas à disparaître pour faire place au kilowatt ou au Poncelet de 100^{kgm} par seconde, déjà adopté en 1889 par le Congrès de Mécanique appliquée.

» Nous abandonnerons systématiquement l'unité cheval-vapeur ou horse-power pour ne parler que de kilogrammètres par seconde, de watts et de kilowatts dans l'étude des qualités respectives de l'hippomoteur et du moteur électrique.

» *Le cheval considéré comme moteur mécanique.* — Examinons les conditions moyennes de fonctionnement mécanique d'un cheval dont le poids varie entre 450^{kg} et 900^{kg}. Désignons par

v sa vitesse en mètres par seconde;

F l'effort exercé sur le véhicule qu'il traîne, en kilogrammes;

$P = Fv$ sa puissance en kilogrammètres par seconde;

T la durée de travail journalier, en heures;
W = PT le travail journalier, en kilogrammètres.

» Les chiffres puisés aux sources les plus autorisées nous permettent de dresser le Tableau suivant, qui résume les résultats obtenus dans les principales conditions de travail de l'hippomoteur.

CONDITIONS MOYENNES DU TRAVAIL MÉCANIQUE DU CHEVAL.

Nature du service.	v.	F.	$p = Fv$.	T.	W = PT.
	m:s	kg	kgm:s	h	kgm
Halage	0,5	77,0	38,5	10	1 386 000
Roulage	0,9 à 0,1	70,0	63 à 70	10	2 040 000
Transports militaires (au pas)	1,20	50,0	60,0	7	1 512 000
Coupé (de 600^{kg}) en palier (pavé en grès sec) (trot ordinaire)	3,50	14,8	49,0	6	1 058 000
Coup de collier (quelques minutes)	0,5 à 0,8	100 à 150	100,0	»	»
Omnibus à 28 places (2 chevaux)	2,0	36,5	75,0	»	»
Omnibus à 42 places (3 chevaux)	3,0	36,0	72,0	»	»

» On voit, par ces chiffres, que le cheval de trait ordinaire produit une puissance d'environ 50$^{kgm:s}$, à raison de six heures de travail effectif par jour, coupé par de nombreux arrêts, et un travail total de 1 100000^{kgm}. Ramenés aux unités électriques, ces chiffres représentent une puissance utile de 500 watts et une énergie journalière de 5 kilowatts-heure. Pour un poids de 500^{kg}, ils représenteraient seulement une puissance spécifique de 1 watt par kilogramme et une énergie spécifique de 6 watts-heure par kilogramme.

» Nos accumulateurs et nos moteurs électriques actuels font beaucoup mieux.

» En ne considérant que ces résultats, le cheval serait très inférieur à tous les autres moteurs mécaniques s'il ne présentait d'autres qualités dont la plus évidente est la simplicité même de la commande, nous voulons dire l'attelage, qui agit sur la direction, les démarrages, l'arrêt, les changements de vitesse, etc. Une autre qualité, prédominante celle-là dans l'hippomoteur, est l'élasticité énorme des facteurs qui interviennent dans le travail du cheval. Ainsi, tandis que l'effort moyen exercé sur le pavé ne dépasse pas 15^{kg}, il atteint 80^{kg} à 100^{kg} au démarrage, et le cheval donne cet sans fatigue apparente. Il le soutiendra pendant quelques

minutes pour monter une rampe, et, dans une passe difficile, il exercera un effort de traction de 200^{kg}, 300^{kg}, 500^{kg} même, si cela est nécessaire. Nos moteurs d'automobiles sont certainement très inférieurs à ce point de vue.

» Même élasticité au point de vue de la vitesse. En 1869, le cheval *Consul* a parcouru 1600^{m}, monté par un jockey pesant 54^{kg}, à une vitesse de 16$^{m:s}$,32, soit 58$^{kgm:s}$,75. Nos meilleurs sprinters cyclistes battront difficilement ce record.

» Enfin, l'hippomoteur représente une puissance et une énergie absolument disponibles, tandis que les moteurs mécaniques ont à se transposer eux-mêmes sur les véhicules qu'ils actionnent, et absorbent ainsi une fraction de l'énergie qui n'est pas négligeable en matière d'automobiles électriques, car les accumulateurs représentent 25 à 35 pour 100 de la charge totale transportée.

» *Classification des automobiles.* — On peut classer les automobiles électriques en deux groupes bien distincts, suivant qu'elles empruntent l'énergie qui les actionne à des piles ou à des accumulateurs.

» Nous ne dirons rien des voitures à piles. A moins d'une révolution possible peut-être, mais que nos connaissances actuelles ne permettent pas de prévoir, il faut absolument renoncer à l'emploi des piles pour les automobiles électriques. Le prix élevé de l'énergie qu'elles fournissent, leur faible puissance spécifique, les ennuis de leur montage et de leur rechargement sont autant d'obstacles jusqu'ici insurmontables.

» La voiture électrique d'aujourd'hui emprunte son énergie à des accumulateurs : c'est, qu'on nous permette une expression abrégée, un néologisme auquel on s'accoutumera, une *Accumobile* (1).

» Comment est constituée une accumobile? Rien de plus simple, en principe, qu'un semblable véhicule. Une batterie d'accumulateurs, chargés périodiquement comme nous l'indiquerons plus loin, disposée dans la caisse d'une voiture est reliée par un coupleur appro-

---

(1) Puisque le mot *Panchahuteur*, créé par le regretté Frank Géraldy pour désigner les transformateurs polymorphiques de MM. Hutin et Leblanc, est aujourd'hui presque accepté, nous ne voyons pas pourquoi l'*Accumobile* rencontrerait plus de résistance.

prié à un ou deux moteurs électriques qui actionnent les roues d'avant ou d'arrière par des engrenages réducteurs de vitesse, et, dans le cas d'un moteur unique, par l'intermédiaire d'un différentiel, à moins que l'on ne fasse usage d'une roue motrice unique, ce qui supprime le différentiel.

» Les accumobiles construites jusqu'ici en France, en Angleterre et en Amérique, se distinguent par les dispositions données à la direction, au couplage des moteurs et des accumulateurs, à la position des roues directrices et motrices, dans certains cas directrices et motrices à la fois, et surtout par l'application judicieuse et opportune des progrès réalisés dans les différentes branches industrielles qui concourent à la construction d'un véhicule électrique.

» Quelques-uns de ces progrès ont une origine des plus antiques : ainsi, l'essieu brisé, qui rend la direction si douce, a fait l'objet d'un brevet d'importation délivré à un nommé Akerman le 28 janvier 1818; les roulements à billes actuels ont eu pour précurseurs les rouleaux anti-frottants qui datent de 1825, et le pneumatique lui-même a été breveté dès 1845 par un Anglais, William Thomson.

» La métallurgie nous livre aujourd'hui des tubes d'acier qui permettent de fabriquer des bâtis, des jantes et des rayons résistants et légers; la construction mécanique des engrenages et des chaînes assure une grande douceur des transmissions; les moteurs électriques ont aujourd'hui des rendements et des puissances spécifiques auxquels on n'atteignait pas il y a une dizaine d'années, et les accumulateurs, le point noir des voitures électriques, font chaque jour des progrès qui nous rapprochent chaque jour d'un idéal... raisonnable.

» Sans entrer dans les détails de tous ces progrès, nous donnerons cependant quelques résultats comparatifs relativement à ceux qui peuvent se traduire par des nombres.

» *Progrès des bandages.* — Des essais récents faits par M. Fonvieille, sous la direction de M. Michelin, avec la voiture dynamométrique de la Compagnie générale des voitures de Paris, ont permis de comparer les bandages en fer, les caoutchoucs pleins et les pneumatiques appliqués à un coupé pesant 900^{kg}, et de déterminer les coefficients de traction respectifs des différents bandages en fonc-

tion de la vitesse et de la nature du terrain. Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau ci-dessous, pour lequel les coefficients de traction sont exprimés en kilogrammes par tonne ou, plus simplement, en millièmes.

COEFFICIENTS DE TRACTION, EN MILLIÈMES.

Conditions de l'expérience.	Fer.	Bandages. Caoutchoucs pleins.	Bandages. Pneumatiques.
I. — BOULEVARD DE LA SEINE, PUTEAUX.			
Bon macadam, dur, sec et poussiéreux. Palier.			
Vent debout, $v = 11,7$ kilomètres par heure...	27,2	24,5	22,3
» arrière, $v = 11,7$ » ...	25,3	22,8	20,8
» debout, $v = 19,7$ » ...	34,4	29,9	24,8
» arrière, $v = 19,7$ » ...	27,6	25,2	23,8
Bon macadam, dur, légèrement boueux. Palier.			
$v = 11$ kilomètres par heure..................	27,4	26,5	24,0
$v = 20$ »	39,9	35,6	31,8
Bon macadam, fortement détrempé. Palier.			
$v = 21$ kilomètres-heure..................	45,6	42,6	35,0
II. — BOULEVARD DE VERSAILLES, SURESNES (rampe de $\frac{40}{1000}$).			
Bon macadam, dur, sec, poussiéreux.			
$v = 11$ kilomètres par heure..................	62,1	61,4	57,2
$v = 19$ »	73,0	64,1	59,6
III. — ROUTE DE SAINT-GERMAIN, COURBEVOIE (rampe de $\frac{5}{1000}$).			
Pavé ordinaire un peu gros, sec.			
$v = 11$ kilomètres par heure..................	42,2	40,1	36,1
Pavé ordinaire un peu gros, boue collante.			
$v = 18$ kilomètres par heure..................	54,9	57,6	44,0
Pavé ordinaire un peu gros, boue demi-sèche.			
$v = 12,5$ kilomètres par heure..............	44,5	41,6	36,0
$v = 20,0$ »	52,2	56,0	40,7
IV. — QUAI PRÉSIDENT-CARNOT, SURESNES.			
Macadam vieux, un peu défoncé. Palier.			
$v = 22$ kilomètres par heure..................	33,8	28,0	22,5

» Ces chiffres établissent que le bénéfice du pneumatique sur le fer plein n'est jamais inférieur à 10 pour 100 et peut atteindre

jusqu'à 30 et 35 pour 100 sur mauvais terrain. Il n'y a donc pas à hésiter un instant sur la nature des bandages qui conviennent à une accumobile, pas plus que sur la nature des jantes, des rayons, des moyeux et des roulements (à billes), qui constituent aujourd'hui des spécifications obligatoires.

» *Progrès des accumulateurs.* — Si le fiacre électrique hantait nos rêves de 1881, sa réalisation immédiate était beaucoup plus difficile, si l'on en juge par quelques chiffres comparatifs relatifs aux accumulateurs d'il y a quinze ans et aux accumulateurs actuels :

» Le type *Faure*, de 1881, pesant $43^{kg},5$, débitait 172 ampères-heure au régime de 16 ampères, soit 0,33 ampère par kilogramme ou 0,6 watt par kilogramme et 7 watts-heure par kilogramme.

» Le type *F. S. V.*, de 1883, donnait 12 watts-heure par kilogramme au régime de 0,6 watt par kilogramme et 8,5 watts-heure au régime de 2 watts par kilogramme.

» Vers 1890, les accumulateurs de tramways restituaient 15 à 18 watts-heure par kilogramme au régime de 3 watts par kilogramme et 10 à 12 watts-heure par kilogramme au régime de 5 watts par kilogramme.

» Le type *Fulmen*, de 1897, pèse en tout $7^{kg},6$ et débite :

Au régime de	1,5	watt par kilogr....	30	watts-heure par kilogr.	de poids total.
»	5,0	»	25	»	»
»	10,0	»	20	»	»

Il peut exceptionnellement débiter 100 ampères sous 1,8 volt, soit 180 watts pour $7^{kg},6$ de poids total ou 24 watts par kilogramme.

» Rappelons ici que l'hippomoteur produit une puissance spécifique disponible, il est vrai, de 1 watt seulement par kilogramme.

» En 1881, il fallait 1000^{kg} d'accumulateurs pour produire une puissance de 1 kilowatt et un poids de 140^{kg} pour emmagasiner 1 kilowatt-heure.

» Aujourd'hui, sans forcer le régime, on obtient une puissance de 1 kilowatt sous un poids de 200^{kg} et une énergie égale à 1 kilowatt-heure avec 40^{kg} à 50^{kg} d'accumulateurs. Ces résultats rendent l'accumobile absolument pratique.

» *Progrès des moteurs électriques.* — Il y a quinze ans, le moteur électrique de 2 à 3 kilowatts avaient un rendement ne dépassant pas 60 pour 100 et pesaient au moins 30^{kg} à 40^{kg} par kilowatt. On arrive aujourd'hui à un rendement de 85 à 90 pour 100 et à une puissance spécifique telle que le moteur ne pèse plus que 15^{kg} à 20^{kg} par kilowatt. Mais, en dehors de cette grande puissance spécifique, le moteur électrique présente sur le moteur à essence de pétrole de grands avantages que nous allons faire rapidement ressortir.

» Pour un *moteur à pétrole* dont le mélange est bien réglé, le couple moteur moyen est constant : sa puissance varie donc en raison inverse de sa vitesse angulaire. On compense cet inconvénient par l'adjonction de changements de vitesse, mais cet artifice est insuffisant, ou, plutôt, il n'est pas poussé jusqu'à ses limites logiques dans les voitures actuelles, car on observe toujours un ralentissement de la vitesse du moteur dans les côtes, tandis qu'il faudrait obtenir seulement un ralentissement de la vitesse du véhicule, afin de faire toujours travailler le moteur à sa plus grande vitesse et, par suite, à sa plus grande puissance. On irait plus vite en réduisant la vitesse, paradoxe qui trouve son explication dans ce qui précède.

» Pour un *moteur électrique*, le couple moteur et, par suite, l'effort de traction augmentent lorsque la vitesse diminue et inversement ; il en est de même de la puissance. Cette propriété précieuse, unique même, le fait agir comme régulateur de la vitesse : dans une pente, il peut même agir comme frein, tout en récupérant une partie de sa vitesse au bénéfice des accumulateurs, et dans l'intérêt des freins et des bandages qui se trouvent ainsi ménagés.

» *Énergie dépensée par la traction.* — M. Pedro Salom a fait quelques expériences sur son électrobat n° 2 pesant 900^{kg}, chargé de ses deux voyageurs, en mesurant, sur un terrain horizontal, le courant I, la différence de potentiel U, la puissance P et la vitesse v. Nous en avons déduit la puissance électrique spécifique en watts par tonne et l'énergie électrique spécifique dépensée en watts-heure par tonne-kilomètre. Les résultats sont consignés dans le Tableau suivant :

v.	U.	I.	P.	Puissance spécifique.	Énergie spécifique.
km:h	volts	amp	watts	w:t	w-h:t-km
8	96	6	576	640	83
19	96	15	1440	1600	84
32	90	30	1700	3000	93

» En tenant compte de la dépense plus élevée dans les rampes, plus faible dans les pentes, on peut admettre, d'après ces chiffres, qu'un véhicule électrique dépense 100 watts-heure par tonne-kilomètre sur un terrain peu accidenté. Si les démarrages ne sont pas trop fréquents ni trop brusques, une provision d'énergie électrique égale à 8 kilowatts-heure permettra donc d'effectuer avec sûreté un parcours de 60^{km} sans rechargement. Ce chiffre est largement suffisant en pratique, car les fiacres et les voitures de maître font rarement plus de 50^{km} en une journée.

» *L'accumobile normale.* — Ce que nous venons de dire fixe, dans une certaine mesure, les principes généraux de construction d'une accumobile qui doit être établie sur des bases absolument différentes de celles d'une voiture actionnée par un hippomoteur. L'esthétique, en la matière, est toute de convention, et l'œil s'habitue rapidement à des formes dont la bizarrerie tient surtout au défaut d'accoutumance.

» On n'a pas oublié les surprises causées par l'apparition des grands *Bis*, des bicyclettes à pneumatiques en 1890, et même des fiacres à bandages pneumatiques l'an dernier. Ces surprises ne durent qu'un temps, et ne doivent pas empêcher l'adoption de formes et de dispositifs rationnels à des véhicules qui portent en eux leur moteur et constituent une véritable machine.

» L'accumobile doit donc être constituée par un cadre en tubes d'acier supporté par des roues métalliques à rayons tangents munies de roulements à billes et de bandages pneumatiques. Suivant les cas, la transmission du mouvement du moteur aux roues se fera par des engrenages ou une chaîne, la direction à essieu brisé pourra être placée à l'avant ou à l'arrière suivant que la commande sera disposée à l'arrière ou à l'avant. On pourra également placer sur les roues d'avant à la fois la direction et la commande (Krieger). Dans les voitures légères, il sera rationnel de construire un tricycle avec

roue motrice unique à l'arrière, ce qui supprime le différentiel et même faire une voiture à deux roues (capitaine Dranlette) dans laquelle les deux roues sont à la fois motrices et directrices : la direction s'obtient en donnant des vitesses différentes aux deux roues, et l'équilibre vertical en plaçant le centre de gravité au-dessous de l'axe de suspension, et en assurant la stabilité à l'aide d'un tore giroscopique tournant horizontalement autour d'un axe vertical.

» On pourra également employer un ou deux moteurs. Le moteur unique présente plus de simplicité, d'économie, moins de poids et un meilleur rendement que deux moteurs de puissance moitié moindre, mais il impose l'emploi d'un différentiel.

» L'emploi de deux moteurs permet de les utiliser pour la direction du véhicule et, en cas d'avarie, rare d'ailleurs, à l'un des moteurs, de revenir à la remise à une allure modérée, avec le second moteur resté disponible.

» Quels que soient les dispositifs adoptés, une accumobile à deux places disponibles pèsera environ une tonne ainsi répartie :

	kg		kg
Caisse, châssis et roues	300	à	400
Accumulateurs	300	à	350
Moteurs et transmissions	120	à	150
Coupleur, connexions, accessoires	50	à	80
1 cocher, 2 voyageurs	200	à	220
Total	970	à	1200

» Or, nous avons vu qu'en ne dépassant pas une vitesse de 20 kilomètres-heure, l'énergie électrique dépensée était d'environ 100 watts-heure par tonne kilométrique. Avec une batterie pouvant fournir 25 watts-heure par kilogramme de poids total, on aurait au moins 7500 watts-heure, correspondant à un parcours de 75^{km}. En limitant le parcours journalier à 60^{km}, on évitera toute surprise et tout mécompte.

» *Prix de revient de la journée.* — La batterie dont la capacité en énergie est de 8 kilowatts-heure exigera 10 kilowatts-heure pour sa recharge complète, soit, à raison de $0^{fr},40$ le kilowatt-heure, une dépense journalière de 4^{fr}. Une somme égale sera largement suffisante pour couvrir l'amortissement de la voiture et des accumulateurs. Les frais relatifs au cocher restent les mêmes, mais on

économise le prix de location d'une écurie, le coulage sur les fourrages, l'amortissement de la cavalerie, la dépense d'énergie les jours où la voiture ne sort pas, et le salaire d'un palefrenier.

» *Rechargement des batteries.* — C'est là le point capital dont dépendra, dans une grande mesure, le développement industriel des véhicules électriques.

» Trois méthodes différentes peuvent être appliquées pour le rechargement :

» 1° Charge rapide en station ;

» 2° Remplacement des batteries partiellement ou totalement épuisées en certains points de ravitaillement ;

» 3° Charge journalière pendant la nuit et la journée.

» La charge rapide en station ne conviendrait qu'à un nombre restreint de véhicules. On ne peut songer, d'une part, à établir des fils volants ou des prises de courant sur les trottoirs de stationnement dans les grandes rues, pour alimenter les voitures en charge, et, d'autre part, le prix du terrain au centre des villes est trop élevé pour songer à y installer des dépôts de charge dont l'utilisation serait aléatoire. Il faut bien reconnaître aussi que les accumulateurs dits *à charge rapide*, appliqués sur les tramways, ont une très faible capacité spécifique, 2 à 3 ampères-heure par kilogramme au plus, ce qui est absolument insuffisant pour le service d'un fiacre, qui doit pouvoir fournir trois ou quatre heures de marche effective avant d'aller relayer.

» Le remplacement des batteries épuisées par des batteries neuves toujours chargées et disponibles à la demande dans des dépôts spéciaux exige une organisation importante et un véritable monopole d'exploitation, car toutes les batteries devraient être d'un modèle uniforme, interchangeables, et appartenir à une Société unique qui prendrait à sa charge l'entretien des batteries et leur remplissage. Monopole et organisation à part, ce serait la meilleure solution pour le consommateur, qui n'aurait pas ainsi à se préoccuper de ses batteries et pourrait même les laisser à l'entrepreneur en cas d'absence prolongée, pendant la saison d'été, par exemple. Les batteries seraient ainsi régulièrement visitées, entretenues, réparées, et seraient utilisées au maximum.

» En attendant cette solution générale, on pourrait adopter une solution partielle consistant à disposer, à l'arrière ou à l'avant de la voiture, une batterie facilement remplaçable et renfermant seulement, par exemple, 1 à 1,5 kilowatt-heure. Cette batterie servirait à charger celle de la voiture par groupes. Si, par exemple, la voiture porte 48 éléments divisés en 6 groupes, il suffirait d'une batterie de 9 éléments pour recharger successivement, à l'aide d'un commutateur automatique facile à imaginer, les 8 séries d'éléments de la batterie de service. Chaque série recevrait ainsi une certaine quantité d'énergie récupératrice. Le jeu naturel des forces électromotrices et contre-électromotrices empêcherait les séries chargées à refus d'épuiser inutilement la batterie *nourricière :* celle-ci pourrait travailler, d'ailleurs, à faible débit et dans des conditions excellentes de rendement.

» La solution que nous préconisons *actuellement*, comme la plus simple, la plus directe et la plus avantageuse à la fois pour le consommateur et les usines centrales de distribution d'énergie électrique, consiste dans la charge journalière dans la nuit et pendant la journée, aux époques de faible débit des stations.

» Sur les réseaux à courant continu distribuant à 110 volts, on branchera en dérivation une batterie de 40 à 48 éléments en intercalant une faible résistance pour éviter un courant de charge excessif dans le cas où la batterie aurait été épuisée à l'excès. Par l'accroissement graduel de la force contre-électromotrice des accumulateurs, la charge s'arrêtera automatiquement dès que la batterie sera chargée, car 44 éléments à 2,4 volts par élément représentent 115 volts et le réseau n'en fournit que 110.

» Pour éviter la charge des batteries aux heures pendant lesquelles le courant est utilisé pour l'éclairage, un interrupteur automatique actionné par un mouvement d'horlogerie supprimera les communications du compteur spécial et du réseau pendant les heures d'éclairage. Au lieu d'adopter une solution aussi brutale, le mouvement d'horlogerie pourra être utilisé pour intercaler, dans le circuit à fil fin du compteur d'énergie, une résistance plus grande pendant les heures de faible débit, et qui aura pour effet de faire *retarder* le compteur d'une quantité proportionnée aux rabais consentis pour la vente de l'énergie à certaines heures.

» Supposons par exemple, pour fixer les idées, que la station centrale vende l'énergie électrique le kilowatt-heure 1^{fr} pendant les heures d'éclairage et 0^{fr},40 seulement le reste du temps. Si la résistance normale du fil fin est de 2000 ohms, il suffira que le mouvement d'horlogerie rajoute, pendant le faible débit, une résistance de 3000 ohms pour que le compteur avance deux fois et demie moins vite, à quantité d'énergie égale. Le client sachant à chaque instant, par un *voyant* disposé sur le compteur, le prix auquel il payera l'énergie utilisée, sera le premier à combiner son service intérieur pour ne prendre du courant pendant l'éclairage que s'il lui est matériellement impossible de faire autrement.

» Sur les secteurs desservis par du *courant alternatif*, la charge à domicile sera plus délicate, car il faudra transformer le courant alternatif en courant continu, installer un réseau spécial pour la charge des voitures, ou recourir à des dépôts. Le développement plus ou moins important des accumobiles dictera le choix de la combinaison à adopter.

PROPRIÉTÉS DES ACCUMOBILES.

» Comparées aux hippomobiles et aux automobiles à vapeur ou à essence de pétrole, les accumobiles présentent des avantages, des qualités équivalentes et des inconvénients que nous avons le devoir de faire impartialement ressortir.

» *Avantages.* — En première ligne figure la *sécurité*. Le cheval a des caprices et des frayeurs inconnus aux machines. L'absence d'un combustible volatil et facilement inflammable sur la voiture ou dans la remise, comme approvisionnement, n'est pas à dédaigner.

» Au point de vue du *bruit* et des *trépidations*, les avantages des voitures électriques sont évidents, sans qu'il soit nécessaire d'insister.

» Il en est de même pour la *chaleur* et l'*odeur*. Pendant l'été, toutes deux constituent de sérieux inconvénients en défaveur des pétrolettes.

» La *propreté* des accumobiles est idéale ; le cheval, dont nous nous plaisons à reconnaître l'élégance et la beauté, a des... oublis

bien prosaïques. Le graissage, la mise en route et la vérification des nombreux organes d'une pétrolette constituent des opérations d'une propreté douteuse, et qu'il sera, pendant longtemps encore, bien difficile de confier à nos élégantes parisiennes, tandis qu'une voiture électrique bien visitée et bien réglée au départ peut fournir ses 50^{km} ou 60^{km} sans qu'on ait à toucher à quoi que ce soit.

» Remarquons enfin, en faveur des accumobiles, une grande simplicité de construction et une non moins grande simplicité de commande, de mise en marche et d'arrêt. Un simple coupleur suffit pour obtenir le démarrage, les changements de vitesse, le freinage, l'arrêt et la marche en arrière, suivant que ce coupleur est tourné plus ou moins dans un sens ou dans l'autre. Avec le volant de direction et un frein de sûreté manœuvré au pied en cas d'urgence, cela fait *trois* organes de manœuvre en tout et pour tout.

» *Qualités équivalentes.* — Bien que les accumobiles ne soient pas encore en vente courante sur le marché, on peut, d'après leurs dispositions, apprécier que leur *prix d'achat* ne dépassera pas celui d'une voiture à essence de pétrole pouvant recevoir un nombre égal de voyageurs.

» Les dépenses d'*exploitation* seront sensiblement les mêmes, car si l'entretien des accumulateurs n'est pas une quantité négligeable, les frais d'entretien et de graissage des voitures à pétrole ont également une certaine importance.

» Quant à l'*élégance,* il faut bien reconnaître que toutes les automobiles sont logées aujourd'hui à la même enseigne. L'œil n'est pas encore habitué à des formes choisies par une sorte de compromis entre les traditions de la carrosserie et les exigences des moteurs mécaniques. Quoi qu'on fasse, une caisse montée sur quatre roues ressemblera toujours à une voiture sans cheval.

» *Inconvénients.* — Le plus grave inconvénient des accumobiles réside dans la nécessité d'*usines de rechargement,* ce qui limite le domaine de leurs applications *actuelles* à l'intérieur des villes, pour le service des fiacres, des voitures de remise et des voitures de maître. Pas de voiture électrique pour les grandes excursions tant que les usines centrales ne seront pas assez répandues sur le terri-

toire pour rendre le chargement facile, et tant que les accumulateurs limiteront à 50^{km} ou 60^{km} la distance qu'une voiture peut franchir sans rechargement.

» Le *poids* de l'accumobile est aussi un inconvénient, mais qu'il ne faut pas s'exagérer outre mesure, car une voiture *avec son cheval* est au moins aussi lourde qu'une voiture électrique en ordre de marche, et celle-ci est beaucoup moins encombrante, car elle n'occupe sur la chaussée qu'un peu plus de la moitié de la longueur nécessaire à une hippomobile.

» La *détérioration* rapide des batteries d'accumulateurs est aussi un inconvénient dont les progrès réalisés chaque jour réduisent l'importance : il suffit, d'ailleurs, de prévoir un amortissement suffisant, et l'on ne tardera pas à trouver des Compagnies se chargeant de l'entretien des batteries à forfait, ce qui enlèvera toute préoccupation de ce chef aux accumobilistes.

» Enfin, le transport et l'emploi d'eau acidulée sulfurique dans les bacs des accumulateurs, que nous signalons pour mémoire, sont aujourd'hui sans inconvénients, grâce aux bacs fermés hermétiquement, qui ne laissent fuir aucun liquide, tout en permettant aux gaz dégagés pendant la fin de la charge de s'échapper librement.

» Ce que nous venons de dire établit nettement que les avantages des accumobiles leur sont bien personnels, tandis que les inconvénients ont tous leur remède, soit dans la construction, soit dans la limitation judicieuse des applications qui leur sont réservées. »

M. Hospitalier termine sa Communication en projetant devant la Société des vues photographiques ou des diagrammes représentant vingt voitures électriques construites et expérimentées depuis 1882 jusqu'à ce jour. Il exprime la conviction profonde que, avant la fin du siècle, Paris aura cessé d'être l'enfer des chevaux pour devenir le paradis des accumobiles.

M. le Président remercie M. Hospitalier de l'intéressant exposé qu'il vient de présenter à la Société.

La séance est levée à $10^{h}45^{m}$ du soir.

DÉCIMALISATION DE L'HEURE.

Le Président de la Société internationale des Électriciens a reçu de M. le Ministre de l'Instruction publique la lettre suivante (¹) :

Paris, le 17 mai 1897.

A Monsieur le Dr d'Arsonval, Président de la Société internationale des Électriciens.

Monsieur le Président,

Par votre lettre du 11 mai courant, vous avez bien voulu me communiquer les observations présentées par la Société internationale des Électriciens sur la décimalisation de l'heure, entraînant la suppression de la seconde sexagésimale.

J'ai l'honneur de vous accuser réception de ce document. Il sera versé au dossier de l'affaire pour être soumis à la Commission d'études relatives à la décimalisation du temps et de la circonférence.

Agréez, Monsieur le Président, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts.

Pour le Ministre et par autorisation :

Le Directeur du Secrétariat et de la Comptabilité,

Signé : Charmes.

La Commission qui avait été formée, sur une décision de la Société internationale des Électriciens, pour étudier les conséquences de la décimalisation de l'heure au point de vue des industries électriques, était composée des membres du Bureau de la Société, auxquels étaient adjoints MM. R. Arnoux, A. Bochet, H. Bonneau, A. Cornu, Gariel, Ed. Hospitalier, P. Janet, E. Marey, D. Monnier, Eug. Sartiaux.

Avait été nommé rapporteur M. P. Janet, Directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité. C'est le Rapport rédigé par M. Janet qui a été transmis sous forme de lettre à M. le Ministre de l'Instruction publique.

(¹) Voir *Bulletin mensuel* d'avril 1897.

REVUE DES TRAVAUX ET PUBLICATIONS.

Traction électrique. — Comme suite à la Communication, présentée à la Société internationale des Électriciens par M. Blanchon, sur les accumulateurs à charge rapide, la Société française de l'accumulateur Tudor nous envoie les chiffres suivants relatifs à l'installation des tramways de Hanovre. Ces chiffres sont d'ailleurs extraits d'un article publié dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift,* à la date du 1er avril dernier :

Le service et l'entretien des batteries revient à 1,64 centime, auquel il convient d'ajouter une part contributive d'intérêts et d'amortissement du capital, se montant à 3,12 centimes par kilomètre-voiture.

En ajoutant encore un supplément pour la consommation de matériel neuf à installer plus tard, et la consommation supplémentaire de courant, l'augmentation des frais, due à l'exploitation par accumulateurs, ne dépasse pas 6,25 centimes.

Électrométallurgie. — M. Nitze décrit l'enrichissement magnétique des minerais de la *Lehigh Zinc and Iron Company.* Les électro-aimants ont la forme en fer à cheval; la culasse a 78^{cm} de long, 28^{cm} de large et $6^{cm},25$ d'épaisseur; les noyaux $31^{cm},25$, 28^{cm} et $6^{cm},28$; les pièces polaires ont $37^{cm},5$, 28^{cm} et $6^{cm},25$ et taillées en biseau à 30° dans leurs portions en regard. Les bobines portent 915 tours de fil de $4^{mm},6$ ayant une résistance de 2 ohms. Le tout pèse 570^{kg}. Le fer à cheval est horizontal dans un des types; deux toiles sans fin, portant le minerai pulvérisé, passent chacune sur une pièce polaire, se replient sur le biseau; au-dessous de chaque biseau est une lame de laiton inclinée à 75° environ et ajustable à bords relevés en forme d'augets; les parties peu magnétiques tombent entre les lames, et le minerai enrichi, entraîné plus loin par la toile sans fin, tombe dans les augets.

En réglant l'intensité du courant et la distance des biseaux, les diverses espèces minérales, mélangées dans le minerai, peuvent être séparées.

Le minerai de zinc de Sussex County (N. J.) contient de la francklinite, du grenat, de la téphroïte et autres matières riches en fer et manganèse. A l'état brut, il contient 31 pour 100 de ZnO, 20,34 pour 100 de fer et 9 pour 100 de manganèse; la partie magnétique (56 pour 100) contient 35 pour 100 de fer, 13,6 pour 100 de manganèse, mais retient 24,3 pour 100 de ZnO; la partie non magnétique contient 1,5 pour 100 de fer, 6 pour 100 de manganèse.

Le minerai est bien enrichi, mais la perte en zinc (43 pour 100) paraît considérable.

M. Garrison fait connaître qu'à Pitkäranta (Finlande) on applique l'enrichissement magnétique à des minerais pourvus de cuivre à 1 pour 100, mélangés de blende, pyrite et oxyde magnétique; le minerai broyé fin est grillé avant d'être traité; on passe une tonne à l'heure au séparateur et la perte en cuivre serait de 20 pour 100; le grillage est le point délicat du traitement, surtout pour la blende.

(*Journal of the Franklin Institute;* avril 1897.)

Arc enfermé. — M. Hesketh donne les courbes d'intensité lumineuse d'une lampe ordinaire avec globe opalin (10 ampères, charbons de 18^{mm} et 12^{mm}, 46 volts entre les charbons) et d'une lampe Jandus à arc enfermé consommant 5,5 ampères sous 78 volts et comportant deux globes opalins; pour la première, le maximum, évalué à 350 *candles,* correspond à une inclinaison de 45°; pour la seconde, le maximum, de 350 *candles,* correspond à des rayons inclinés de 15° à 20° seulement sur l'horizon. Aussi, tandis que la première donne sur le sol, dans le voisinage de la lampe, un éclairement quatre fois plus fort, ces éclairements deviennent égaux à une distance égale à une fois et demie la hauteur de l'arc au-dessus du sol, et plus loin, la lampe Jandus donne l'éclairement le plus fort; plus de deux fois à une distance égale à trois fois la hauteur, et cet avantage se maintient à toute distance plus grande. (*The Electrician;* 9 avril 1897.)

Accident mortel. — Un employé de l'éclairage de la paroisse de Hampstead a été tué en pénétrant dans une sous-station de transformateurs. D'après le rapport du major Cardew, cette sous-station est une chambre souterraine de $2^{m} \times 1^{m},50$ et de 2^{m} de haut, contenant deux transformateurs de 18 et de 25 kilowatts, dans laquelle on pénétrait par une échelle de fer; l'homme fut foudroyé lorsqu'il posa le pied sur une des caisses métalliques entourant les transformateurs tandis qu'il tenait encore l'échelle. L'enquête a montré que cette enveloppe n'était mise à la terre que par l'intermédiaire d'un support d'isolateur fiché dans le mur; que le fil de haute tension pénétrant dans l'enveloppe était simplement recouvert de caoutchouc, passant librement, sans être fixé, dans un trou de cette enveloppe et recourbé à angle droit; son isolant était en mauvais état et l'enveloppe, mise à la terre, s'est trouvée chargée. Le major Cardew recommande : 1° d'améliorer les prises de terre, de les essayer tous les mois en vérifiant que les appareils de sûreté fonctionnent, en établissant un court-circuit entre le fil primaire et l'enveloppe sous une tension égale au quart de la tension normale; 2° de relier à la terre tous les objets métalliques, les échelles, ne formant pas partie des circuits; 3° de fermer hermétiquement avec des substances isolantes les trous donnant passage aux fils primaires; 4° d'envelopper, autant que possible, toutes les connexions à haute tension dans des boîtes métalliques mises à la terre; 5° de disposer des appa-

reils permettant d'ouvrir ou de fermer les circuits primaires ou secondaires à l'extérieur de la chambre. (*The Electrician;* 9 avril 1897.)

Accumulateurs. — Dans l'accumulateur Gülcher, la matière active est supportée par une espèce de tissu dont la chaîne est en fil de plomb, et la trame en laine de verre; et elle est enveloppée d'une couche de cette dernière substance. Le type A_3 contient 3 positives et 4 négatives de $10^{cm} \times 15^{cm}$; l'épaisseur des plaques est de 3^{mm}; le vase de verre a comme dimensions $9^{cm},5 \times 15^{cm},5 \times 21^{cm},5$, le poids total en état de marche $6^{kg},3$. Le courant de charge ou de décharge maximum 7,5 ampères; la capacité serait 37, 40 ou 45 ampères-heure, pour des décharges en six, huit et douze heures. D'après M. Peukert, l'accumulateur pourrait débiter jusqu'à 45 ampères, ou être chargé au même régime, sans inconvénient ni altération de sa capacité; les capacités observées entre 1,92 volt au début et 1,80 volt à la fin sont supérieures aux capacités annoncées; dans une décharge en quatre heures et demie, au régime de 7,5 ampères, la différence de potentiel était encore de 1,9 volt après deux heures et demie; comparée à une charge normale en cinq heures, cette décharge donne un rendement de 87,5 pour 100 en ampères-heure.

Des décharges en deux heures dix-sept minutes, une heure quinze minutes, quarante minutes et vingt minutes, ont donné des capacités de 28, 23, 20 et 14,4 ampères-heure, la chute de potentiel étant de 0,12 volt à 0,13 volt entre le commencement et la fin de la décharge; avec des charges rapides au régime de 20 ou 30 ampères, les gaz n'apparaissent qu'après la moitié de la charge; celle-ci paraît avoir été poussée fort loin, 2,7 volts, dans les essais de M. Peukert pour une charge en cinq heures, dans laquelle la différence de potentiel n'était que 2,4 volts au bout de quatre heures.

Transformateurs. — Portsmouth est desservi par des courants alternatifs; après un bon service pendant six mois, les transformateurs brûlèrent les uns après les autres. Le professeur Garnett explique ainsi les courts circuits qui se sont succédé, dans le journal *Lightning*.

Les transformateurs étaient plongés dans une huile de résine oxydée, dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Or, quand une lampe à pétrole reste longtemps sans être allumée, on trouve de l'eau dans la mèche; un morceau de coton plongé dans la benzine, puis dans l'eau, perd sa benzine et absorbe de l'eau. Des phénomènes analogues se sont passés dans les transformateurs. L'huile a été l'intermédiaire qui a amené l'eau au coton qui recouvrait les fils. Si une goutte d'eau vient se déposer à la surface de l'huile, la circulation de celle-ci, pendant que le transformateur travaille, amène des particules d'eau au contact du coton qui l'absorbe, et au bout de quelque temps est assez saturé pour qu'un court circuit soit provoqué.

Le rédacteur de *Elektrotechnische Zeitschrift*, reproduisant cette explication, la rapproche du résultat des expériences de Schreiner : deux transformateurs étaient réunis par une ligne aérienne, isolée à l'huile suivant le procédé Brooks; après quelques semaines de travail à 14 000 volts, la ligne n'avait montré aucun défaut, tandis qu'on avait constaté sept courts circuits sur les transformateurs, bien que la même huile eût été employée dans les transformateurs et les isolateurs.

On conclut de cet essai (peut-être un peu hâtivement) que c'est l'action de l'air sur l'huile, largement exposée, du transformateur qui a été la cause du court circuit et non la qualité de l'huile; que le transformateur à huile devrait être complètement fermé, sauf le tube nécessaire à la dilatation de l'huile. (*Elektrotechnische Zeitschrift;* 18 mars 1897.)

Parafoudre. — M. Görges a présenté, à la réunion du 24 novembre 1896 de l'*Elektrotechnischer Verein*, un nouveau parafoudre pour lignes aériennes à haute tension; ce sont deux fils de cuivre, portés par des isolateurs et reliés, l'un à la terre, l'autre à la ligne. Chaque fil part horizontalement de l'isolateur, se redresse verticalement, puis se recourbe et fait un angle de 45° vers le haut avec l'horizon, l'un à droite, l'autre à gauche; un prolongement du support de l'isolateur le maintient vers l'origine de la partie inclinée; les deux parties verticales des deux fils sont très voisines, les extrémités des parties inclinées sont très éloignées; si, à la suite d'une décharge atmosphérique, l'arc jaillit entre les deux parties verticales, l'action électrodynamique du courant dérivé dans cet arc le repousse vers le haut, et il finit par s'éteindre. L'expérience a montré que ce nouveau parafoudre fonctionne d'autant mieux que la tension est plus élevée, et l'on conseille de l'employer à partir de 2000 volts; l'arc laisse une trace sur les fils de cuivre, mais on ne les brûle pas comme lorsque la tension est faible.

Avec 8000 volts, obtenus par des transformateurs de 200 kilowatts, associés à un alternateur polyphasé et à une turbine de 750 chevaux, on a eu, après avoir provoqué un court circuit, une flamme de 3^m de haut qui s'est éteinte presque instantanément. On a cru utile, jusqu'ici, de protéger ces parafoudres par un toit, mais cette précaution n'est peut-être pas indispensable.

M. Benischke, qui a appliqué ce parafoudre à une installation de 15000 volts, confirme les observations de M. Görges, mais raconte qu'ayant visité une grande installation dans le Tyrol, munie de parafoudres de forme analogue, mais où les fils étaient remplacés par des plaques, il a trouvé ceux-ci détruits, les isolateurs brisés, et a eu la preuve que des insectes avaient établi des courts circuits; deux fois une machine de haute tension avait été brûlée par suite de ces courts circuits.

(*Elektrotechnische Zeitschrift;* 8 avril 1897.)

Phénomènes d'électrification. — Un tube de verre contenant du mercure et de l'huile de paraffine est agité jusqu'à ce que l'émulsion soit parfaite; sa résistance s'élève à plusieurs mégohms ; si l'on y fait passer un courant, qu'une étincelle (ou des oscillations de Hertz) soit produite dans le voisinage, les gouttelettes se réunissent et la résistance tombe à une fraction d'ohm. Si l'on a émulsionné un mélange d'eau et d'huile (qu'on peut colorer), l'électrification fait tomber l'eau à travers l'huile : on croit voir une forte pluie. Si l'on verse ce mélange dans une cuvette photographique et qu'on y projette quelques gouttes de mercure, deux de ces gouttes reliées à une pile de 200 volts, la goutte négative se déforme, projette des tentacules vers la goutte positive, qui peuvent se briser en petits globules ; une action prolongée du courant fait réunir les deux gouttes.

(Rollo Appleyard, *Physical Society ;* 26 mars 1897.)

M. Vicentini (*Nuovo Cimento*, janvier 1897) avait obtenu déjà la réunion de gouttelette de mercure dans le voisinage des étincelles fournies par une machine de Holtz.

Isolants. — Un nouvel isolant, auquel on a donné le nom de *diatrine*, est introduit sur le marché anglais par MM. Glover and C°. Il n'est pas fibreux, ne contient ni bitume ni caoutchouc ; il est moins élastique et moins résistant que la gutta et le caoutchouc ; complètement imperméable, sa capacité inductive spécifique, inférieure à celle de la gutta, est plus élevée que celle du jute imprégné. On recouvre le fil de cuivre, protégé par du papier, par un ruban de cette matière, qui est ensuite chauffée à sec. On affirme que les câbles sous plomb, isolés à la diatrine, ne sont pas attaqués par l'humidité quand le plomb est perforé et que le câble ne se décentre pas. On pourrait isoler les transformateurs, enroulés avec du fil simplement recouvert de coton, en les imprégnant de cette substance après construction.

M. Miller propose un moyen original de réglage pour la vitesse d'un moteur actionnant un alternateur. Le régulateur est gouverné par un levier, dont les deux bouts portent des palettes de fer doux, en face des pôles de deux électro-aimants placés tous deux en dérivation sur le circuit principal. Dans les circuits de ces électros sont intercalés en série deux condensateurs de capacités différentes, réglés de telle sorte que les périodes propres T_1 et T_2 de chacun de ces circuits soient l'une supérieure, l'autre inférieure à la période normale T de l'alternateur; suivant que la vitesse de la machine sera supérieure ou inférieure à la vitesse normale, le levier se déplacera dans un sens ou dans l'autre.

[*El. Review* (N.-Y.), Chicago Elect. Association; 5 mars 1897.]

BIBLIOGRAPHIE.

Les applications de l'Électricité, par J. Sageret. 1 vol.
Paris, Librairies-Imprimeries réunies; 1897.

En publiant cet Ouvrage, l'auteur a eu pour but de résumer, à l'usage du public studieux, l'ensemble des applications de l'Électricité et de remédier ainsi à une insuffisance de vulgarisation sur ce point. A cet effet, il a tenté de produire une œuvre à la fois courte, claire et complète, de résoudre en notions familières et simples des formules complexes, et de traduire les symboles abstraits des Mathématiques en un langage concret.

Après avoir parcouru ce Livre, on reste convaincu qu'il remplit parfaitement sa destination et que toutes les personnes qui s'occupent d'électricité ou qui s'intéressent à ses applications, y compris nombre de professionnels, sauront gré à l'auteur du succès de ses efforts.

Une brève introduction rappelle quelques principes fondamentaux et précise la signification des termes techniques usuels; puis l'auteur expose les diverses transformations de l'énergie électrique : applications calorifiques, dont un Chapitre très complet sur l'éclairage électrique; applications mécaniques, moteurs, adhérence magnétique, télégraphie, téléphonie; applications chimiques, électrolyse, dépôts adhésifs et indépendants, actions secondaires et électrochimiques. Un Appendice traite des Compteurs d'énergie électrique.

Les transformateurs de tension à courants alternatifs, par M. F. Loppé. 1 vol.
Paris, Gauthier-Villars et fils; 1897.

La partie théorique de cet Ouvrage établit les équations générales d'un transformateur idéal, à réluctance constante, et étudie les effets, les causes et l'influence de la dispersion magnétique, ainsi que les effets de capacité et l'influence de l'hystérésis, du courant de Foucault et de la forme qu'affecte la courbe de la force électromotrice primaire.

Pratiquement, la seconde Partie traite de l'emploi et du classement des transformateurs, des meilleures dispositions à donner au circuit magnétique et aux enroulements, du choix de l'induction magnétique et de l'épaisseur des tôles suivant la fréquence, des dimensions à donner à un appareil devant fonctionner dans des conditions déterminées; d'autres Chapitres, enfin, sont consacrés à l'influence de la fréquence et de la tension primaire, aux mesures de précaution, aux essais de réception et à la description des principaux types de transformateurs, etc.

Ce groupement de données spéciales au sujet traité sera bien accueilli des électriciens intéressés.

Traité d'Électrométallurgie, par M. W. Borchers. Traduction du Dr L. Gautier.
1 vol. in-8. Paris, librairie polytechnique Baudry et Cie.

MM. Baudry et Cie publient une traduction par le Dr L. Gautier de la deuxième édition du *Traité d'Électrométallurgie* du Prof. W. Borchers. L'Ouvrage est un des plus

complets qui aient paru sur ce sujet. Il comprend, sous forme d'introduction, quelques notions générales sur l'électrolyse et le travail électro-chimique. Les métaux sont divisés en trois classes : métaux alcalins et alcalino-terreux, métaux terreux, métaux lourds. Pour chaque métal, l'auteur décrit tous les procédés électriques qui s'y rapportent et en discute avec soin la valeur. L'Ouvrage est donc précieux au point de vue descriptif par les documents qui y sont accumulés et au point de vue technique par l'analyse judicieuse des procédés décrits. Le traducteur a ajouté à l'Ouvrage une séries de Notes intéressantes sur les faits qui ont été mis au jour depuis l'apparition de l'édition allemande.

La traction électrique, par Paul Dupuy. 1 vol. in-8. Paris, H. Bécus, éditeur.

L'Ouvrage de M. Dupuy est un des plus volumineux que nous possédions en France sur la traction électrique. Il comprend cinq Parties :

Une étude théorique,

Une description des divers systèmes de traction électrique de tramways,

Conditions d'exploitation,

Traction par locomotives,

Applications diverses.

Le premier Chapitre contient des erreurs dans les expressions et dans les formules. On y voit des efforts exprimés en kilogrammètres, des puissances exprimées en chevaux-heure, etc., etc. On y relève aussi plusieurs démonstrations inexactes.

Le reste de l'Ouvrage, au point de vue descriptif, est une compilation intéressante des procédés de traction actuellement en usage. On y trouve consigné un grand nombre de résultats acquis par l'expérience dans les installations existantes. Le Livre, en somme, peut rendre des services et serait presque à l'abri de la critique si l'auteur en avait omis la première Partie.

Traité des machines-outils, par M. Gustave Richard, Ingénieur civil des Mines. 2 vol. gr. in-4. Paris, librairie Baudry et Cie.

Le Traité de M. Richard remplit une lacune qui existait dans la littérature technique. Il faut avoir recherché des renseignements sur une classe quelconque de machines-outils pour savoir à combien de sources différentes on était obligé de puiser pour réunir les documents épars dans les publications périodiques. Aujourd'hui, l'œuvre de M. Richard groupe en deux Volumes de plus de 1000 pages, illustrées de plus de 6000 figures, tous les renseignements sur les machines-outils construites actuellement. Le texte est bref et une légende avec lettres de rappel accompagne chaque figure. A la simple lecture du dessin, le praticien trouvera les dispositions d'ensemble et les principaux détails qui caractérisent chacun des outils passés en revue par l'auteur. Trois Tables accompagnent l'Ouvrage et facilitent les recherches : Table analytique des matières; Table alphabétique des matières; Table alphabétique des noms propres cités dans le texte. L'Ouvrage de M. Richard est considérable par la quantité énorme de documents réunis et par la clarté et la précision d'exposition qui règne dans toutes ses parties. Il est appelé à rendre, nous n'en doutons pas, de très grands services aux ingénieurs et aux constructeurs.

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

Allemagne.

Elektrotechnische Zeitschrift.

18/3. — Monture Edison (pour lampes à incandescence); *P. Bautze.* — Essai d'un accumulateur Gülcher; *W. Peuckert.*

1/4. — Tramways électriques de Hanovre; *F. Ross.* — Bureau central téléphonique de Christiania; *J. West.* — Tramways à accumulateurs; *E. Sieg.*

8/4. — Distance des supports de lignes aériennes; *L. Stork* et *J. Schwarz.* — Séchage des câbles à isolement d'air; *H. Petsch.* — Nouveau parafoudre de Siemens et Halske; *H. Görges.*

15/4. — Nouvelle méthode de mesure du coefficient de température; *M. Töwe.* — Relevé des courbes; *T. Marcher.*

22/4. — Théorie des machines à trois fils; *A. Rothert.* — Installation des paratonnerres; *K. Koch.* — Tarifs des stations centrales et concurrence des installations dans les blocs de maisons; *M. Kalmann.*

29/4. — Théorie des machines à trois fils (*fin*); *A. Rothert.* — Câble entre l'Allemagne et la Norvège; *A. Petersen.* — Moteurs à champ tournant et nombre de pôles variables; *R. Dahlander.* — Moteurs en dérivation pour tramways; *Luxemberg.* — Particularités remarquables des réseaux téléphoniques étrangers; *J. West.*

Angleterre.

The Electrician.

2/4. — Mesure des températures; *G. Clark.*

9/4. — Chauffage à l'électricité des usines du Niagara; *O. Dunlap.* — Théorie électromagnétique; *O. Heaviside.* — L'air est-il rendu conducteur par les rayons Röntgen; *G. Minchin.* — Lampes à arc pour les rues; *A. Hesketh.*

16/4. — Progrès récents dans les machines à courant alternatif, système Ganz; *A. Dubsky.* — Progrès dans la traction électrique; *A. Baylor.*

23/4. — Progrès récents dans les machines à courant alternatif, système Ganz (*fin*); *A. Dubsky.* — Influence des champs alternatifs sur les rayons cathodiques; *J. Fleming.* — Expériences sur les rayons cathodiques; *A. Swinton.*

30/4. — Système Walker de traction électrique; *J. Eck.* — Réaction d'armature et théorie de la commutation; *C. Hawkins.*

7/5. — Résistances de démarrage; *E. Pochin.* — Réaction (*suite*); *C. Hawkins.* — Propulsion sur les canaux; *L. Robinson.*

Journal of the Institution of Electrical Engineers.

Avril 1897. — Volume, poids et prix des dynamos; *E. Wilson.*

Journal of the Society of Arts.

26/3. — Transmission à longue distance par courants alternatifs; *W. Esson.*

AUTRICHE.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

1/4. — Recherches sur les propriétés magnétiques des fers et aciers autrichiens; *E. Egger.* — Résidus et oscillations des condensateurs; *Th. Wulf.* — Transmission de Rheinfelden (*fin*).

15/4. — Recherches (*suite*); *E. Egger.* — Appareils automatiques pour pompes mues électriquement; *A. Oppenheim.* — Résidus (*suite*); *Th. Wulf.*

1/5. — Résidus (*suite*); *Th. Wulf.*

AMÉRIQUE.

Electrical Engineer.

24/3. — Pratique des accumulateurs; *J. Appleton.*

31/3. — Système diagonal de construction pour lignes de railway; *J. Henry.*

7/4. — Installation de la « Narragansett Electric Lighting C° »; *J. Wetzler.* — Pratique des accumulateurs; *J. Appleton.*

14/4. — Reconstruction de l'usine à courants alternatifs de Montréal; *P. Gossler.* — Pratique (*suite*); *J. Appleton.*

21/4. — Plombs fusibles pour branchements; *S. Sharpsteen.* — Pratique (*suite*); *J. Appleton.*

28/4. — Station de la « Potonsac Light C° »; *M. Hopkins.* — Appareils de sûreté pour génératrices de tramways; *G. Moffat.* — Pratique (*suite*); *J. Appleton.* — Couplage des alternateurs; *J. Woodbridge.*

Electrical World.

20/2. — Transmission d'énergie à Hartford; *W. Robb.* — Rendement lumineux des arcs à courants alternatifs; *A. Blondel* et *E. Jigouzo.* — Actions différentes des machines semblables; *W. Baxter.* — Principes de distribution électrique; *F. Crocker.*

27/2. — Canalisations intérieures.

6/3. — Mesure de l'isolement dans un système à trois fils en charge; *E. Houston* et *J. Kenelly.* — Installations hydro-électriques aux États-Unis; *B. Washington.* — Canalisations intérieures (*suite*).

13/3. — Mesure sans instruments de la résistance d'une bobine d'électro; *F. Porter.* — Transmission de Regla Pachuca; *G. Henry.* — Conduites intérieures.

20/3. — Usage des tubes pour rayons Röntgen; *T. Hanchett.* — Transmission de Regla Pachuca; *G. Henry.* — Canalisation intérieures (*fin*).

Electrical Review.

24/3. — Quelques résultats pratiques de la résonance électrique; *K. Miller.* — Expériences du Prof. Trowbridge sur les rayons X.

31/3. — Influence de la chaleur sur les propriétés magnétiques de l'acier trempé; *K. Guthe.*

7/4. — Essais des câbles; *G. Hale.*

28/4. — Un bureau téléphonique moderne; *E. Kammeyer.*

Journal of the Franklin Institute.

Avril 1897. — Concentration des minerais par le magnétisme.

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

France.

Électricité industrielle, par M. J. Pionchon; 1 vol. in-8. Grenoble, A. Gratier et Cie, 1897. (*Don des Éditeurs.*)

Codes et lois pour la France, l'Algérie et les Colonies, IIe Partie, par M. A. Carpentier; un fort vol. gr. in-8°. Paris, Marchal et Billard, 1897. (*Don de M. J. Carpentier.*)

Guide-Annuaire général des industries: gaz, eau, électricité pour 1897, publié par M. E. Fleury; 1 vol. in-8°. Paris, Imprimerie des Arts et Manufactures, 1897. (*Don de l'Auteur.*)

Statistique des Sociétés savantes ayant leur siège à Paris en 1894 (Extrait de l'*Annuaire statistique de la ville de Paris pour l'année* 1894). Paris, Imprimerie municipale, 1897. (*Don de la ville de Paris.*)

Transformateurs de tension à courants alternatifs, par M. F. Loppé; 1 vol. petit in-8. Paris, Gauthier-Villars et fils et G. Masson et Cie. (*Don de MM. Gauthier-Villars et fils.*)

Étranger.

Het polariseen van telefonische out vangers, par M. J.-W. Giltay. (Extrait des *Koninklijke Akademie van Wetenschafnte Amsterdam.* 1 br. de 12 pages. (*Don de l'Auteur.*)

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 2 juin 1897 [1].

PRÉSIDENCE DE M. A. D'ARSONVAL.

La séance est ouverte à $8^h 40^m$ soir et le procès-verbal de la dernière Réunion adopté.

Les demandes d'admission sont soumises à l'Assemblée, qui élit, comme Membres titulaires de la Société :

MM.

Basquin (Jules), Ingénieur de la *Société industrielle des Téléphones,* aux usines Rattier, à Bezons (Seine-et-Oise). — Présenté par MM. G. Bassez et M. Aliamet.

[1] La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Baudry (Charles), Ingénieur civil, Agent général du Service électrique et des moteurs chez MM. Japy frères, Officier d'Académie, à Beaucourt (territoire de Belfort). — Présenté par MM. L. Bravet et Ch. Chargnioux.

Blanchet (Hector-Augustin), Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de papiers, à Rives (Isère). — Présenté par MM. P. Janet et H. Chaumat.

Blondel (Louis-André), Constructeur, 49, boulevard Ducange, à Amiens (Somme). — Présenté par MM. Janet et H. Chaumat.

M. le Secrétaire général signale, parmi les pièces de la correspondance, l'envoi, par la Société des accumulateurs Tudor, de la traduction d'un Article publié dans *Electrotechnische Zeitschrift* et qui forme suite à une récente Communication de M. Blanchon à la Société. Un extrait de cette traduction est inséré dans le *Bulletin* de mai.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

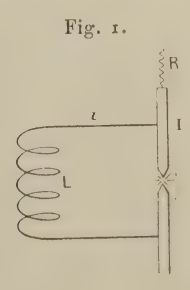
OBSERVATIONS SUR LE FONCTIONNEMENT DES LAMPES A ARC A COURANT ALTERNATIF.

M. Georges Claude. — « Parmi les applications du courant alternatif, Messieurs, l'une de celles qui sollicitent encore le plus d'études est certainement celle des lampes à arc. Outre l'infériorité de rendement lumineux que leur vaut la répartition sur les deux charbons de la surface émissive, on n'a pas encore réussi, malgré des efforts consciencieux et des résultats au reste très encourageants, à faire fonctionner ces lampes avec la même régularité, la même précision que celles à courant continu : c'est là une des grosses objections que l'on ne manque pas de soulever chaque fois qu'il s'agit d'établir quelque part une distribution à courant alternatif, et cela m'a permis de penser que quelques observations nouvelles, faites au sujet du fonctionnement de ces lampes, ne seraient pas dénuées de tout intérêt.

» On sait que, pour qu'une lampe à arc règle bien, il faut qu'une petite variation dans l'écart des charbons se traduise par une grande variation dans l'attraction de l'électro destiné à mettre le mécanisme en mouvement, de telle sorte que cette petite variation d'écart provoque un réglage énergique, qui ramène les charbons à leur écart primitif et rigoureusement à celui-là.

» Tant qu'on s'adresse au courant continu, le problème qu'il s'agit de résoudre est très simple. Je suppose, pour fixer les idées, qu'il s'agisse d'une lampe à potentiel constant, c'est-à-dire dans

Fig. 1.



laquelle un électro-aimant L (*fig.* 1), placé en dérivation aux bornes de l'arc, a pour effet, par l'intermédiaire d'un mécanisme

convenable, de maintenir constante la différence de potentiel aux bornes de l'arc.

» Ici, pour une position donnée du noyau, et en supposant ce noyau non saturé, l'attraction est sensiblement proportionnelle au carré de l'intensité du courant *i* qui circule dans le fil de l'électro, c'est-à-dire au carré de la différence de potentiel aux bornes de l'arc. Il en résulte que, dans le cas du courant continu, réaliser une attraction très variable avec l'écart des charbons revient à obtenir une différence de potentiel très variable avec ce même écart.

» C'est, comme vous savez, pour arriver à ce résultat qu'en tension avec l'arc on place une résistance ou rhéostat de réglage R qui a, en effet, comme conséquence de transformer la force électromotrice constante E de la canalisation en une différence de potentiel aux bornes E — RI variable avec l'intensité I du courant circulant dans la lampe, c'est-à-dire avec l'écart. Qu'on le remarque, d'ailleurs, cette différence de potentiel est d'autant plus variable avec I que R est plus grand.

» Or, les constructeurs de lampes à arc, en dépit de l'énergie considérable dépensée sous forme d'échauffement du rhéostat, en dépit de la diminution de rendement lumineux qui en est la conséquence, n'hésitent pas à donner à cette résistance une valeur très grande, tellement l'importance de la variabilité de l'attraction en fonction de l'écart est évidente à leurs yeux, tellement la marche de la lampe est plus satisfaisante dans ces conditions.

» Mais si le problème est aisé à résoudre dans l'hypothèse du courant continu, il se complique beaucoup, comme tant d'autres choses d'ailleurs, lorsque c'est au courant alternatif que l'on a affaire. Ici, il ne suffit plus, pour réaliser de grandes variations dans l'attraction, de déterminer de grandes variations de différence de potentiel, car un nouvel élément intervient, qui est la self-induction de l'électro.

» Cette self-induction se traduit déjà dans le fonctionnement des lampes à courant alternatif par un effet très désavantageux, mais qui est bien connu : elle augmente, dans une mesure considérable, la résistance apparente de la bobine et diminue, dans la même mesure, le nombre des ampères-tours que cette bobine peut développer. Mais, en dehors de ce mode d'intervention, la self-induc-

tion en possède un autre encore plus préjudiciable peut-être au bon fonctionnement de la lampe et qui, cependant, ne me paraît pas avoir été explicitement signalé.

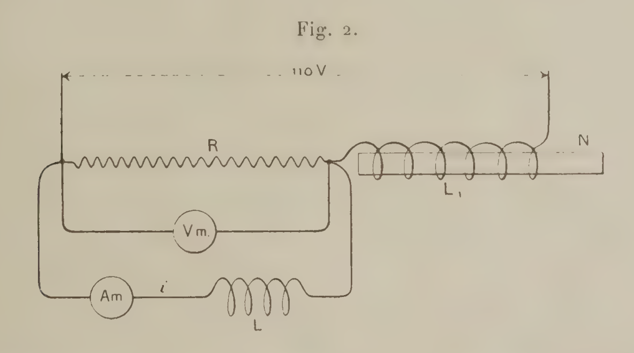
» Je suppose que, comme tout à l'heure, il s'agisse d'une lampe en dérivation, telle que la lampe Brianne, et j'admets que par suite de la combustion des charbons l'écart augmente. Comme en tension avec la lampe est placée une résistance ou plutôt une self-induction de réglage, cette augmentation d'écart se traduit par une augmentation de la différence de potentiel. Donc, l'intensité *i* dans l'électro augmente aussi et, par conséquent, le noyau s'enfonce.

» Mais, en s'enfonçant, le noyau augmente la self-induction de l'électro : d'où une augmentation de résistance apparente qui *ne permet plus* à l'intensité *i* d'augmenter *aussi vite* que la différence de potentiel, comme c'était le cas tout à l'heure avec le courant continu.

» Et quelques expériences, Messieurs, pourront vous convaincre qu'il ne s'agit pas là, tant s'en faut, d'une action négligeable.

» Voici (*fig.* 2) branchées en série sur le secondaire d'un trans-

Fig. 2.



formateur alimenté par le secteur de la Rive gauche, une résistance ohmique R (rhéostat de lampe à arc) et une self-induction variable L_1. En enfonçant plus ou moins le noyau de la self-induction, je puis obtenir à volonté aux bornes de R une fraction quelconque de la force électromotrice secondaire du transformateur. Aux bornes de cette résistance ohmique R est branché, outre un voltmètre V, l'électro L d'une lampe Brianne, à courant alternatif, dans le circuit duquel est placé un milliampèremètre.

» En disposant convenablement du noyau N de la self-induction L_1, j'amène la différence de potentiel aux bornes de la résistance R, et par suite de l'électro L, à une valeur telle que le noyau de la lampe soit sur le point d'être soulevé. Cette différence de potentiel étant de 32 volts, vous voyez que l'intensité correspondante dans l'électro est de 335 milliampères. Or, si j'enfonce le noyau à la main, vous constatez que, la différence de potentiel restant constante, l'intensité passe de 335 à 205 milliampères, montrant que, par le fait de l'enfoncement du noyau, la résistance apparente augmente de 65 pour 100 de sa valeur primitive.

» Quelles sont les conséquences de ce fait?

» Pour nous en rendre compte, au lieu d'enfoncer le noyau à la main, nous allons le faire enfoncer de lui-même sous l'influence d'une augmentation convenable de la différence de potentiel, puis nous mesurerons les variations respectives de l'intensité i dans l'électro et de la différence de potentiel pendant ce déplacement : je retire progressivement le noyau de la self variable L_1 jusqu'à ce que le noyau de la lampe soit complètement enfoncé. A ce moment, vous constatez que la différence de potentiel aux bornes est passée de 32 à 60 volts, subissant une augmentation de 87 pour 100, alors que, pendant cette même course du noyau, l'intensité n'est passée que de 0,335 ampère à 0,390 ampère, n'augmentant ainsi que de 16 pour 100.

» Ainsi donc, conformément à ce que nous avions prévu, dans cette course totale du noyau, et par suite de la variation de self-induction qui l'accompagne, l'intensité n'a crû, en moyenne, que *cinq fois et demie moins vite* que la différence de potentiel. Avec le courant continu, insistons une fois de plus sur ce point, cette augmentation de 16 pour 100 de l'intensité nécessaire à la course totale eût été acquise au prix d'une variation égale de la différence de potentiel, soit dans des conditions bien meilleures au point de vue du réglage.

» Et il importe de remarquer, Messieurs, que si pour la commodité des expériences je n'ai considéré, dans tout ce qui précède, que la course totale du noyau de l'électro, les mêmes considérations s'appliquent aussi bien à un déplacement, si petit soit-il, de ce noyau. Et même, dans le cas spécial de la lampe Brianne, y a-t-il en

quelque sorte exagération de ce défaut à mesure qu'on considère des déplacements plus petits. Je vous demanderai la permission de ne pas répéter ici des expériences que j'ai effectuées à ce sujet, et dont je vous donnerai simplement les résultats.

» Si, au lieu de considérer la course totale du noyau, nous considérons seulement la seconde moitié de sa course et que nous notions encore pour cette seconde moitié les variations relatives de i et de e, nous verrons que l'intensité ne varie plus en moyenne cinq fois et demie, mais *sept fois* moins vite que la différence de potentiel; si c'est seulement le dernier quart de la course que nous considérons, nous n'y trouvons plus qu'une variation *dix fois* moins rapide de l'intensité, etc. Ces résultats dépendent naturellement, dans une certaine mesure, des dimensions relatives de l'électro de la lampe Brianne, mais ils sont assez caractéristiques pour permettre de conclure, d'une manière générale, que, dans une lampe à courant alternatif quelconque, quelque petits que soient les déplacements du noyau qui provoquent le réglage, l'intensité varie toujours beaucoup moins vite que la différence de potentiel.

» En d'autres termes, dans les lampes à courant alternatif en dérivation, l'*écart* a beau varier, l'*attraction* du noyau ne varie presque pas.

» Il faut donc suppléer, par la délicatesse du mécanisme, à ce que les conditions électriques elles-mêmes ne suffisent plus à nous donner : c'est là une condition précaire et qui explique le petit nombre de lampes à courant alternatif, fonctionnant relativement bien, parmi lesquelles la lampe Brianne tient certainement l'une des places les plus honorables.

» Voici donc déterminée une cause grave de mauvais fonctionnement des lampes à courant alternatif. Je vais passer maintenant à la seconde partie de ma tâche et voir si, à ce défaut, il ne serait pas possible de trouver un remède.

» En somme, si les lampes à courant alternatif fonctionnent médiocrement, nous venons d'en voir une raison dans ce fait que lorsque le noyau s'enfonce la résistance apparente *augmente*. Pour faire en sorte que ces lampes soient, à ce point de vue du moins, équivalentes à celles à courant continu, il faudrait faire en sorte que cette résis-

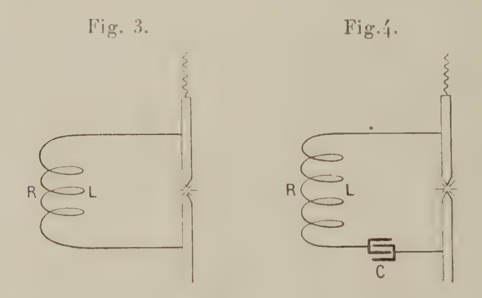
tance restât *constante*. Et l'on conçoit même que l'idéal dans cette voie serait atteint si nous pouvions nous arranger de telle sorte que la résistance apparente *diminuât* lorsque le noyau s'enfonce : dans ces conditions, en effet, l'intensité augmenterait *plus vite* que la différence de potentiel et l'attraction subirait ainsi de très grandes variations du fait des variations d'écart des charbons.

» C'est à ce résultat qu'il est facile d'arriver en appliquant les propriétés des condensateurs.

» Ici, Messieurs, je me hâte d'ouvrir une parenthèse. Je sais qu'il est dans la destinée des condensateurs de ces malheureux appareils, qui seraient si merveilleux s'ils étaient seulement pratiques, de soulever des critiques d'une unanimité touchante chaque fois qu'on propose dans un but quelconque leur application industrielle. J'espère cependant vous montrer tout à l'heure que, dans le cas particulier qui nous intéresse, ces objections n'ont que peu de valeur et ne sauraient soulever d'obstacles sérieux.

» Mais, tout d'abord, voyons de quelle manière le résultat annoncé peut être atteint. Supposons qu'en tension avec l'électro L de la lampe nous branchions un condensateur de capacité assez faible pour nous placer au delà de la résonance par rapport à la self-induc-

Fig. 3. Fig. 4.



tion. Ceci revient à substituer au montage de la *fig.* 3, dont la résistance apparente était

$$R_{app.} = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2},$$

celui de la *fig.* 4, dont la résistance apparente est donnée par l'équation

$$R'_{app.} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right)^2}.$$

» Et l'on voit que si la résistance apparente du premier circuit

allait en augmentant avec L, c'est-à-dire avec l'enfoncement du noyau, celle du second circuit au contraire, va en *diminuant*, puisque, lorsque L augmente, la parenthèse diminue.

» Effectuons maintenant quelques expériences pour vérifier pratiquement ces observations.

» A la lampe Brianne à courant alternatif de tout à l'heure je substitue une lampe à courant continu, dont la bobine, à fil plus fin (et à noyau d'ailleurs divisé), présente une self-induction plus grande et nécessitera par suite une moindre capacité pour sa neutralisation. Puis, sans rien changer au montage de la *fig.* 2, j'ajoute simplement en série avec l'électro L de la lampe un condensateur de capacité convenable (soit 8 microfarads, capacité énorme, justifiée par la faible self-induction des bobines de lampes Brianne et par la faible fréquence, 42, du secteur de la Rive gauche, et qui pourrait être réduite à une fraction de microfarad dans des conditions favorables).

» La différence de potentiel aux bornes de ce circuit LC étant amenée à la valeur convenable pour que le noyau ne se soulève pas tout à fait, soit 53 volts, nous enfonçons celui-ci à la main et nous constatons que l'intensité, au lieu de diminuer comme si l'électro était seul, *augmente*, passant de 0,140 ampère à 0,158 ampère, correspondant à une diminution de $R_{app.}$ de 12 pour 100.

» Au lieu d'enfoncer le noyau à la main, je le laisse enfoncer de lui-même en augmentant la différence de potentiel et je constate qu'à la variation de 53 volts à 73 volts, ou 35 pour 100, correspond une variation de 0,140 ampère à 0,225 ampère, ou 60 pour 100.

» En d'autres termes, l'intensité, au lieu de croître cinq ou dix fois moins vite que la différence de potentiel, comme c'était le cas avec l'électro seul, croît maintenant presque *deux fois plus vite*.

» Par conséquent, l'adjonction du condensateur a bien eu comme effet de nous placer dans des conditions meilleures que celles des lampes à courant continu, à ce point de vue spécial toutefois.

» Et cependant, il nous faut faire une observation : de ce que nous avons obtenu, par l'adjonction de notre condensateur, une très grande variabilité de l'attraction il peut résulter, si des précautions convenables ne sont pas prises, une cause grave d'instabilité. Si, en effet, le noyau, pour une raison quelconque, commence à monter,

comme à mesure qu'il monte et par le fait même de son déplacement il rencontre une intensité plus grande, il pourra arriver qu'il continue son mouvement jusqu'au bout. Il n'y a là toutefois qu'une question de force antagoniste convenable et il y aura lieu simplement de faire cette force antagoniste assez rapidement croissante avec l'enfoncement du noyau pour que l'augmentation d'attraction à potentiel constant soit plus que compensée.

» Il me reste maintenant à justifier, au point de vue pratique, l'emploi des condensateurs que je viens de proposer.

» Remarquons tout d'abord que les critiques soulevées à propos de l'emploi industriel des condensateurs sont, en général, justifiées par le fait que ces appareils doivent travailler sous des différences de potentiel très élevées, plusieurs milliers de volts le plus souvent : d'où l'obligation de donner au diélectrique une épaisseur très grande sous peine de le voir percé. Ici, au contraire, il s'agit simplement de placer les condensateurs sous les différences de potentiel de 30 ou 40 volts propres aux lampes à courant alternatif, différences de potentiel portées au plus à 50 ou 60 volts par suite du voisinage de la résonance ([1]). Nous pouvons donc, sans le moindre inconvénient, réduire, dans une forte mesure, l'épaisseur du diélectrique, et comme la capacité qu'on peut emmagasiner *dans l'unité de volume* croît sensiblement en raison inverse du carré de l'épaisseur du diélectrique, il s'ensuit que nous pourrons réaliser, sous un volume très petit, une capacité considérable.

» D'autre part, on sait que plus une self-induction est grande, plus la capacité qui la neutralise est faible : on sera donc conduit à employer comme électro des bobines à fil fin, analogues à celle des lampes à courants continus, et présentant une self-induction telle que, surtout avec une fréquence un peu élevée, une très faible capacité suffira à la neutraliser. De ces deux causes connexes il résulte que, en pratique, un condensateur constitué par un disque de 10^{cm} de diamètre et 3^{cm} de hauteur serait suffisant dans la majorité des cas, pourrait se loger dans l'enveloppe de la lampe et n'en augmen-

([1]) Remarquons en passant que ce voisinage de la résonance se traduit par une augmentation des ampères-tours, c'est-à-dire par une utilisation meilleure de la bobine, relativement à son emploi sans condensateur.

terait pas sensiblement le prix. Si cette petite modification est de nature à augmenter beaucoup l'efficacité du réglage, il ne me semble pas douteux qu'il y aura tout intérêt à l'adopter.

» Des considérations analogues s'appliqueraient évidemment aux lampes différentielles.

» Telles sont, Messieurs, les observations que je désirais vous soumettre. N'ayant ni le temps, ni la compétence nécessaires pour mener à bien les essais pratiques qu'elles comporteraient, j'ai pensé que les constructeurs seraient, beaucoup mieux que moi-même, en état d'en tirer parti, le cas échéant. Et si j'ai soumis votre patience, Messieurs, à une dure épreuve, qu'il me soit permis d'espérer que cela n'aura pas été tout à fait en pure perte. »

M. le Président. — « Je remercie M. Claude de son intéressante Communication et de nous avoir montré une fois de plus que cette maladie qui s'appelle la *self-induction* a son vaccin dans la *capacité*. »

NOUVEAUX VOLTMÈTRES ET AMPÈREMÈTRES ENREGISTREURS A SENSIBILITÉ VARIABLE.

M. R. Arnoux. — « Les voltmètres, les ampèremètres enregistreurs que j'ai l'honneur de présenter à la Société ont été étudiés en collaboration avec notre Collègue, M. R. Chauvin.

» Comme les galvanomètres apériodiques, présentés il y a deux ans à la Société, ils sont basés sur le principe d'un cadre galvanométrique mobile dans un champ magnétique permanent; comme eux aussi ils présentent les mêmes avantages et certains dispositifs nouveaux et intéressants imaginés dans le but d'en rendre l'emploi facile et pratique.

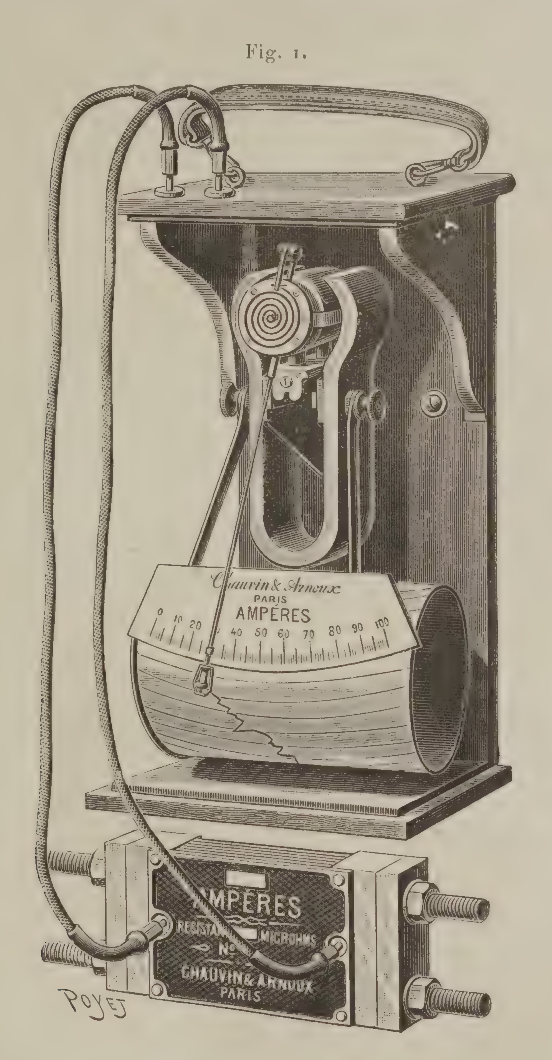
» *Aimant permanent et cadre mobile.* — L'aimant permanent est constitué, comme l'indique la *fig.* 1, qui représente un ampèremètre enregistreur avec un de ses shunts interchangeables, par une seule pièce d'acier d'Allevard au tungstène, sans aucune pièce polaire rapportée afin de réduire au strict minimum la réluctance du circuit magnétique utilisé et la dispersion des lignes de force.

» Le cadre mobile se compose d'un cadre de cuivre pur servant d'amortisseur électro-magnétique sur lequel est enroulé un conducteur approprié à la fonction de voltmètre ou d'ampèremètre enregistreur que doit remplir l'appareil. Ce cadre étant pivoté entre deux pointes engagées dans deux crapaudines en pierre fine, peut osciller autour d'un cylindre de fer doux fermant le circuit magnétique de l'aimant permanent, dont le champ magnétique possède l'homogénéité nécessaire pour assurer la proportionnalité rigoureuse des déviations du cadre avec l'intensité du courant qui le traverse. Le courant est amené au cadre mobile par deux ressorts spiraux en métal *diamagnétique* et bon conducteur (bronze d'argent), armés l'un contre l'autre afin d'assurer la fixité du zéro.

» La réalisation de ressorts spiraux d'élasticité convenable, et en même temps bons conducteurs du courant électrique, nous a demandé beaucoup de recherches et surtout beaucoup de temps, par

suite de la nécessité dans laquelle, dès le début, nous nous sommes trouvés obligés de nous adresser en Suisse, car en France il n'y a pas de constructeurs de spiraux. Ce n'est qu'après avoir trouvé nous-mêmes le tour de main ou secret de fabrication des ressorts

Fig. 1.



spiraux que nous avons pu réaliser rapidement ceux qui nous étaient nécessaires.

» L'application des ressorts spiraux aux appareils à cadre mobile nécessite en effet deux conditions essentielles; la première, d'avoir un ressort d'élasticité et de force convenable; la seconde, de réaliser ce ressort avec un métal bon conducteur du courant électrique, ce

qui est surtout essentiel pour les cadres mobiles des ampèremètres enregistreurs. Mais il ne suffit pas d'employer un métal très élastique et très bon conducteur, comme le bronze d'argent que nous avons adopté, il faut encore donner à la lame qui constitue le ressort une section convenable sans faire varier la valeur assignée de son couple de torsion. On sait, en effet, que le rapport du couple de torsion $2Fr$ à l'angle α, dont on tord une lame de métal enroulée soit en hélice soit en spiral, est relié au coefficient E et aux trois dimensions de cette bande par la relation

$$(1) \qquad \frac{2Fr}{\alpha} = \frac{E}{6}\frac{le^3}{L},$$

dans laquelle l désigne la largeur de cette bande suivant l'axe de rotation du ressort, e son épaisseur dans le sens perpendiculaire et L la longueur totale. Cette relation montre que la caractéristique de torsion restera constante si l'on fait varier la largeur de la lame en raison inverse du cube de son épaisseur.

» D'autre part, la conductance électrique G de cette même lame de conductibilité g étant donnée par la relation connue

$$(2) \qquad G = g\frac{le}{L},$$

on voit qu'il est toujours possible de réaliser un ressort de conductance et d'élasticité convenables en employant des lames suffisamment larges et minces. On est limité par la condition que les différentes spires ne s'affaissent pas jusqu'à se toucher.

» Malgré la faible puissance électrique dépensée dans le cadre mobile (0,02 watt pour une déviation maxima de 36°), les forces en jeu sont suffisantes pour assurer à l'inscription sur le diagramme un tracé bien coordonné avec les variations du courant, grâce à la substitution à la plume ordinaire d'une *plume-molette* n'entravant pas d'une façon appréciable les mouvements du cadre mobile.

» La plume ordinaire généralement employée a le grave inconvénient de donner lieu à des frottements qui non seulement sont considérables, mais *varient beaucoup* avec la nature et l'état du papier à diagramme et aussi avec la pression de la plume sur ce papier. Lorsqu'on applique cette plume aux baromètres et aux thermomètres enregistreurs, dans lesquels il est loisible de développer des forces

assez grandes pour vaincre convenablement ces frottements, ces défauts n'ont pas grand inconvénient; mais dans les enregistreurs électriques où les forces en jeu sont faibles, il est absolument nécessaire, surtout si l'appareil doit être sensible et néanmoins donner un tracé exact, de trouver un dispositif qui rende ce tracé indépendant de la nature du papier et de la pression de la plume sur ce papier. Le dispositif auquel nous nous sommes arrêtés est basé sur l'emploi d'une *plume-molette* dont les frottements sont à peu près dix à douze fois plus faibles que ceux de la plume ordinaire.

» *Plume-molette.* — Cette plume-molette est constituée par deux petites coquilles montées sur un axe commun pivoté entre pierres fines. Les deux coquilles forment un récipient dont le plan médian est occupé par une rondelle de matière poreuse laissant passer l'encre au fur et à mesure des besoins. Cette rondelle, toujours imbibée de l'encre que lui fournit un réservoir que porte la coquille supérieure, est seule en contact, par sa périphérie, avec le papier et trace par *roulement* et non par *frottement* un trait très délié suivant son propre plan. Dans le sens perpendiculaire ce trait est large, mais, comme il conserve une largeur *constante*, cela n'offre aucun inconvénient parce qu'il est toujours facile de prendre le milieu du trait dans les lectures ou les mesures du diagramme au planimètre. La périphérie de cette molette ne pouvant être arrêtée par les rugosités du papier, laisse, par ce fait, au cadre toute liberté de se déplacer suivant les moindres variations du courant et permet par conséquent de donner à l'appareil une sensibilité très grande.

» *Encre.* — L'encre, à base d'aniline et de glycérine, est contenue dans un petit flacon à compte-gouttes dont la pointe très effilée permet d'introduire facilement cette encre dans le petit réservoir de la molette et au besoin de la retirer, quand cela est nécessaire pour le transport de l'appareil. Lorsque la plume-molette est neuve, elle a besoin d'être *amorcée,* il suffit pour cela d'introduire dans le réservoir une goutte d'alcool et un instant après l'encre elle-même. L'alcool, en s'évaporant, entraîne l'encre et la fait sortir par la rondelle poreuse; la plume se trouve alors amorcée indéfiniment, car l'encre ne peut sécher à l'intérieur de celle-ci.

» *Échelle mobile.* — Deux bras articulés sur l'aimant (*fig.* 1) portent à l'une de leurs extrémités un secteur ayant des divisions chiffrées qui servent à repérer la position de l'aiguille porte-plume, en l'absence de papier sur le cylindre enregistreur et lorsqu'on veut se servir de l'instrument comme d'un galvanomètre ordinaire. En relevant ce cadran divisé, on écarte la plume du cylindre, ce qui est nécessaire dans les transports et pour mettre en place le papier divisé qui doit recevoir le diagramme.

» *Réglage de l'équilibre.* — Ces enregistreurs peuvent fonctionner verticalement ou horizontalement, cependant ils ont été plus spécialement construits pour fonctionner dans la première position, la perte de poids que subit nécessairement la plume-molette, du fait même de la consommation d'encre, ayant, dans ce cas, moins d'influence sur la précision des lectures. Toutefois, lorsqu'il y a lieu de procéder avec une précision plus grande, il est possible de régler rigoureusement l'équilibre de l'aiguille. C'est à cela qu'est destiné un petit curseur susceptible d'être déplacé sur le tube porte-plume. On peut établir l'équilibre d'une façon parfaite en couchant l'appareil et en déplaçant le curseur dans un sens tel que l'appareil donne, dans cette position, la même indication que celle qu'il donnerait verticalement.

» Enfin, en retirant la plume-molette de l'extrémité de l'aiguille et en poussant convenablement le curseur vers cette extrémité pour rétablir l'équilibre, on peut faire remplir à l'enregistreur le rôle de simple galvanomètre, en utilisant pour les lectures le cadran divisé.

» *Mouvement d'horlogerie.* — Le mouvement d'horlogerie, qui est fixe, a été étudié de façon que l'axe destiné à supporter le cylindre enregistreur soit celui d'un des mobiles du mouvement compris entre le barillet-moteur et l'échappement. L'axe utilisé est généralement celui du barillet lui-même qui est muni d'un ressort dont l'effort moyen de 3^{kg} est plus que suffisant pour vaincre les résistances, d'ailleurs très faibles, s'opposant à la rotation du cylindre enregistreur.

» Ce mode de montage, qui est d'ailleurs le même que celui employé pour commander la rotation du miroir des héliostats, présente

l'avantage de supprimer le *jeu* souvent considérable qui existe dans la liaison du cylindre avec le mouvement d'horlogerie des appareils similaires. En effet, lorsque le barillet est *remonté*, c'est-à-dire en état de rendre le service qu'on lui demande, comme il travaille dès lors constamment contre l'échappement, tous les *jeux* des engrenages des différents mobiles compris entre eux sont *rattrapés* et le cylindre enregistreur lui-même se trouve entraîné sans aucun jeu. Le mouvement d'horlogerie normalement employé effectue un tour en vingt-quatre heures; il est muni d'un échappement ordinaire à cylindre. Mais, dans le but de rendre possible certaines études nécessitant un mouvement de rotation du cylindre beaucoup plus rapide, comme, par exemple, la charge et la décharge rapide des accumulateurs, la loi de variation du courant actionnant le moteur d'une grue ou d'un pont roulant électrique, dans le but de mettre en évidence certaines résistances anormales du mécanisme; nous avons étudié d'autres modèles de mouvement permettant d'obtenir toutes les vitesses de rotation comprises entre un tour en deux minutes et un tour en vingt-quatre heures. Dans ces modèles, dont vous avez un spécimen sous les yeux, l'échappement ordinaire est remplacé par un régulateur électro-magnétique simplement constitué par un disque en cuivre, aluminium, maillechort, etc., fixé sur le dernier mobile du mouvement et tournant entre les mâchoires d'un aimant permanent dont les déplacements par rapport au centre du disque permettent de faire varier la vitesse de rotation du cylindre dans le rapport de 1 à 10.

» En ce qui concerne la précision avec laquelle le mouvement de rotation du cylindre peut être maintenu uniforme avec ce dispositif très simple de régulateur, il est facile de voir que, si l'on emploie un barillet nécessitant dix tours de remontage pour être remonté à fond, la force du ressort ne variera que d'*un dixième* de sa valeur pendant le premier tour complet du cylindre, celle qui lui est opposée et qui est due aux courants de Foucault, développés dans le disque, variant comme le *carré* de la vitesse angulaire de celui-ci, ne nécessitera qu'une variation d'*un centième* de sa vitesse et, par conquent, de celle du cylindre, pour varier également d'un dixième de sa valeur absolue, afin de faire constamment équilibre à la force motrice du ressort. Ainsi une variation d'*un dixième* de cette force

motrice ne produit qu'une variation d'*un centième* dans la vitesse de rotation du cylindre.

» Bien que cette approximation soit généralement suffisante, il est cependant facile de la rendre plus grande encore simplement en disposant sur l'axe du barillet une came correctrice déplaçant l'aimant de la quantité exactement nécessaire pour réaliser la rotation uniforme du cylindre.

» Le mouvement d'horlogerie étant enfermé dans une boîte métallique parfaitement close et de laquelle émergent seulement l'axe qui doit porter le cylindre enregistreur et le carré du remontage, est ainsi parfaitement protégé contre les vapeurs acides, qui mettent trop souvent hors de service les mouvements pour lesquels cette précaution n'est pas prise.

» *Cylindre porte-papier.* — Les bandes de papier employées dans ces enregistreurs sont gommées à une extrémité afin de permettre d'en juxtaposer les deux extrémités et de constituer un tube de papier dont les divisions se succèdent *sans solution de continuité pour un tour complet du cylindre.* Ce tube de papier peut être très facilement, même avec une seule main, enfilé et parfaitement tendu sur le cylindre grâce au dispositif suivant.

» Le cylindre porte-papier est fendu suivant une de ses génératrices, et une de ses lèvres, ne se trouvant pas soutenu par la platine intérieure échancrée dans ce but, peut fléchir sous la pression de la main, jusqu'à venir s'enclencher dans un verrou. Cette manœuvre a pour effet de diminuer le développement extérieur du cylindre qui peut alors facilement recevoir le tube de papier; une fois celui-ci mis en place, il suffit de presser sur le verrou de la platine intérieure pour que, le cylindre reprenant par son élasticité même sa forme primitive, le tube de papier se trouve tendu parfaitement et sans solution de continuité, formant ainsi un cadran cylindrique toujours à l'heure, quel que soit le nombre de tours complets effectués par celui-ci, ce qui est un avantage lorsque la courbe tracée se répartit sur plusieurs tours du cylindre ou encore lorsqu'on veut prendre une moyenne sur un certain nombre de jours.

» Le papier peut, d'ailleurs, être changé sans qu'il soit nécessaire de retirer le cylindre de l'enregistreur. Pour remettre celui-ci à

l'heure, conformément à la chiffraison imprimée sur le papier, il suffit de desserrer légèrement l'écrou moleté vissé sur l'axe d'entraînement et de le resserrer lorsque la position est acquise.

» Les feuilles de papier sont, comme nous l'avons dit, *gommées* à une extrémité, et il suffit d'humecter, comme on le fait pour une enveloppe de lettre, cette partie pour la faire adhérer à l'autre extrémité suivant un trait servant de repère. Les feuilles de papier sont divisées et chiffrées en heures dans le sens de leur plus grande longueur et en 50 divisions *égales* par groupe de cinq divisions dans le sens perpendiculaire. La chiffraison de cette dernière division a été omise à dessein, car, l'enregistreur pouvant être employé avec des sensibilités différentes, il est toujours facile de faire cette chiffraison après coup et suivant la sensibilité avec laquelle a été obtenu le diagramme enregistré. C'est grâce à la réalisation d'un champ magnétique bien homogène et d'une faible déviation du cadre (36°) dans le champ magnétique, qu'on a pu obtenir une graduation en divisions rigoureusement *égales,* applicable, par conséquent, à tous les enregistreurs de ce système.

» La réalisation d'un dispositif galvanométrique comportant une graduation *en divisions égales* présente un autre avantage, c'est que les diagrammes enregistrés peuvent être *intégrés* (en ampères-heure par exemple) à l'aide d'un planimètre ou d'un intégraphe quelconque, bien qu'ils soient rapportés à un *système de coordonnées curvilignes et rectilignes*. Dans le présent modèle d'enregistreur la *courbure des ordonnées curvilignes* est telle que les surfaces des différents petits parallélogrammes à côtés rectilignes et curvilignes deux à deux, qui constituent le quadrillage du diagramme, ne diffèrent au maximum que de $\frac{1}{200}$, c'est-à-dire d'une quantité inférieure aux erreurs qu'on peut commettre d'autre part.

» *Sensibilités.* — Le cadre des *voltmètres enregistreurs* ayant une résistance moyenne de 150 ohms et le courant nécessaire pour faire dévier l'aiguille au maximum de son échelle étant de 0,01 ampère, on voit qu'il est possible d'enregistrer les variations d'une différence de potentiel inférieure à 1,5 volt. En ajoutant en série, avec le circuit du cadre mobile, des résistances en fil de maillechort, on peut munir l'appareil de différentes sensibilités comprises entre 1,5

volt et plusieurs milliers de volts. La caisse contenant l'enregistreur est munie dans ce but, à sa partie supérieure, de bornes correspondant aux différentes sensibilités, sur lesquelles sont poinçonnés les différents voltages maxima correspondants.

» Les *ampèremètres enregistreurs* sont pourvus, comme nos ampèremètres apériodiques basés sur le même principe, de *shunts ou réducteurs interchangeables* établis pour des valeurs maxima des différents courants à mesurer et qu'il suffit de substituer l'un à l'autre pour faire varier la sensibilité de l'enregistreur dans le rapport voulu. C'est ainsi qu'un même ampèremètre enregistreur, muni d'une série de *shunts* convenablement choisie, peut enregistrer tous les courants compris entre o,5 ampère et 5000 ampères. Des cordons souples de longueur appropriée, et munis à leurs extrémités de pièces de contact, permettent de relier le cadre mobile de l'enregistreur à deux bornes ménagées sur chaque shunt et distinctes des bornes ou mâchoires destinées à amener le courant principal à ce shunt. Les shunts sont généralement constitués avec des lames d'un alliage de grande résistivité et à faible variation de résistance avec la température, soudées à deux blocs de cuivre de résistance relativement négligeable, destinés à amener et à répartir uniformément le courant entre ces différentes lames. La seule précaution à prendre dans l'emploi de ces shunts est d'éviter les mauvais contacts de nature à provoquer leur échauffement anormal.

» Je rappellerai en quelques mots le mode de tarage imaginé pour rendre les shunts *interchangeables*. Ils sont étalonnés au *pont double de Thomson* de façon que tous ceux qui ont *même capacité maxima* (poinçonnée *en ampères* sur la plaque d'identité du shunt) ont *même résistance*.

» Cette résistance (qui est également poinçonnée en microhms sur la plaque) est choisie de façon à être égale, quelle que soit la capacité du shunt, au quotient d'une même différence de potentiel (o,o8 volt) par le courant maximum poinçonné sur le shunt. Une même différence de potentiel de o,o8 volt existe donc entre les bornes de tarage de tous les shunts de même capacité ou de capacités différentes, lorsqu'ils sont traversés par le courant maximum dont ils permettent la mesure.

» Le tarage des ampèremètres enregistreurs s'effectue de la façon

suivante. On ajoute en série avec le circuit du cadre mobile de chacun d'eux une résistance en maillechort qui est telle que, lorsque cette résistance, celle du cadre mobile et celle des cordons souples de liaison sont parcourues par le courant qui fait dévier l'aiguille de l'appareil au maximum de son échelle, une différence de potentiel de 0,08 volt existe alors aux extrémités des cordons souples qui doivent être reliées aux bornes de tarage des shunts. Lorsque le courant qui traverse les shunts de très faible capacité devient comparable à celui qui traverse le cadre mobile de l'enregistreur, ces shunts sont tarés avec une résistance égale à celle de l'enregistreur, placée en dérivation.

» Un avantage de ce système d'ampèremètres enregistreurs est qu'ils peuvent être placés à une grande distance du shunt qui les dessert; il suffit, pour cela, de donner aux cordons souples de liaison une conductance qui compense cette distance.

» Enfin, un autre avantage des enregistreurs à *déviations proportionnelles* au courant est que le zéro de la graduation peut être placé, par un simple décalage de la pince du spiral antérieur, en un point quelconque de l'échelle des ordonnées du diagramme, sans nécessiter un nouveau tarage pour donner des mesures exactes, ce qui permet d'enregistrer simultanément *le sens et la valeur* d'un courant (charge et décharges des accumulateurs, par exemple).

» Les enregistreurs sont enfermés dans une caisse munie de trois volets (dont un vitré), s'ouvrant à charnières, de façon à dégager complètement, sur trois côtés, les différentes parties de l'appareil. Ces trois volets ont, pour plus de clarté, été omis dans la *fig.* 1.

» Cette caisse a 35^{cm} de hauteur, 18^{cm} de largeur et 14^{cm} d'épaisseur; son poids total est de $7^{kg},5$. »

M. le Président remercie M. R. Arnoux.

SUR UN VOLTMÈTRE ÉLECTROSTATIQUE INTERFÉRENTIEL POUR ÉTALONNAGE, DE MM. PÉROT ET FABRY.

M. Pérot. — « Messieurs, l'appareil que j'ai l'honneur de vous présenter a été construit sur les indications de M. Fabry et sur les miennes, à la Faculté des Sciences de Marseille. Il n'est pas à lecture directe, mais nécessite l'emploi de la méthode de réduction à zéro; quoique très sensible puisque, à 70 volts, celui que vous avez sous les yeux donne facilement le dixième de volt, il est transportable et peut être apporté pour l'étalonnage auprès d'un appareil placé sur un tableau de distribution.

» L'instrument est basé sur l'attraction qui s'exerce entre deux plateaux, plans et parallèles, entre lesquels est établie la différence de potentiel que l'on veut mesurer. Cette attraction est ordinairement insensible, du moins pour les potentiels d'usage courant dans l'industrie; mais, comme elle varie en raison inverse du carré de la distance des plateaux, on peut l'accroître beaucoup en plaçant ceux-ci à une très petite distance. Cette distance, dans notre appareil, n'excède pas quelques centièmes de millimètre. Il est facile de se convaincre par le calcul que dans ces conditions une différence de potentiel, même modérée, se traduira par une force parfaitement mesurable. Si, en effet, S est la surface des plateaux et e leur distance, une différence de potentiel de E volts produira une force attractive

$$F = \frac{S}{8\pi e^2} \frac{E^2}{9.10^4} \text{ dynes.}$$

» Dans notre appareil on a, en chiffres ronds,

$$S = 18^{\text{cmq}}, \qquad e = 0^{\text{cm}},004,$$

et il vient

$$F = 0,50\, E^2 \text{ dynes.}$$

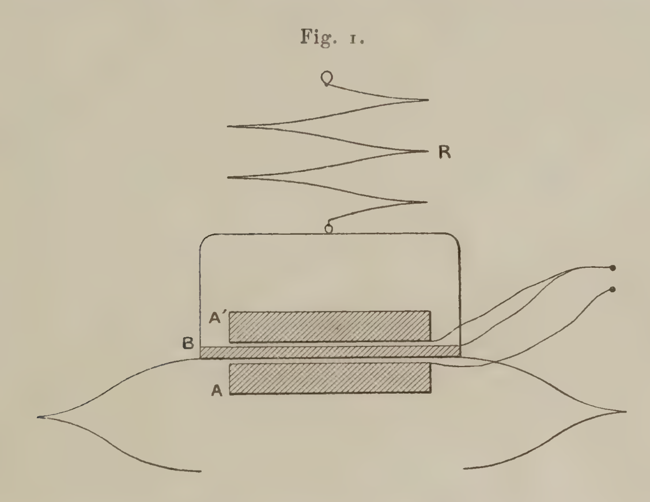
» Pour $E = 50$ volts, $F = 1500$ dynes, force égale au poids de $1^{\text{gr}},47$, et par suite parfaitement mesurable.

» L'emploi d'aussi petites distances est possible, grâce à l'utilisation des méthodes interférentielles qui rendent de si grands services

toutes les fois qu'il s'agit de mesurer ou d'étudier des longueurs avec une grande précision. Avec ces procédés de mesure, les longueurs sont rapportées à une unité de l'ordre de $\frac{1}{2000}$ de millimètre, la longueur d'une radiation lumineuse. La méthode que nous avons appliquée dans notre appareil, et qui sera décrite plus loin, permet de mettre en évidence, d'une façon assez visible pour frapper l'œil le moins exercé, un déplacement de l'un des plateaux moindre que $\frac{1}{40000}$ de millimètre.

» L'application des méthodes interférentielles nous a conduits à constituer les plateaux de notre électromètre par deux lames de verre A, B (*fig.* 1), dont les faces en regard sont argentées; la dis-

Fig. 1.



tance de ces surfaces est de quelques centièmes de millimètre. Les argentures sont assez minces pour être traversées par la lumière; elles sont cependant conductrices, et mises chacune en relation par une prise de contact avec une des bornes de l'instrument. L'une d'elles, A, est fixe, tandis que l'autre, B, est portée par un système de trois ressorts qui fléchit de 2^{mm} environ pour une force de 1^{kg}. Supposons l'appareil déchargé : la lame mobile occupe une certaine position. Si l'on établit entre les deux lames une différence de potentiel, la lame B est attirée, et les ressorts qui la supportent fléchissent de quelques millièmes de millimètre; on la ramène *à sa position primitive* en tirant sur elle au moyen d'un ressort très sensible R en forme d'accordéon, dont les tensions sont proportionnelles aux allongements dans les limites de fonctionnement de l'appareil.

Si l est l'allongement de ce ressort, on aura :

$$F = Kl = AE^2,$$

d'où

$$E = \sqrt{\frac{A}{K}}\,l = B\sqrt{l},$$

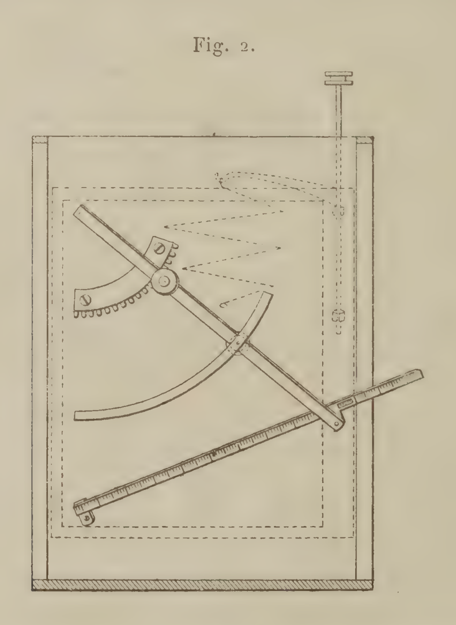
B étant une constante.

» Une disposition mécanique, basée sur une propriété du triangle rectangle, permet de lire, au lieu de l, une quantité proportionnelle à $\sqrt{l}$ sur une échelle divisée en parties d'égales longueurs, ce qui permet des interpolations exactes, de sorte que finalement le potentiel de charge E est lié à la lecture n faite sur l'échelle de l'instrument par la relation

$$E = an;$$

les lectures sont alors proportionnelles aux volts et la connaissance de la constante instrumentale a suffit pour effectuer une détermination ; la *fig.* 2 représente la disposition mécanique employée.

Fig. 2.



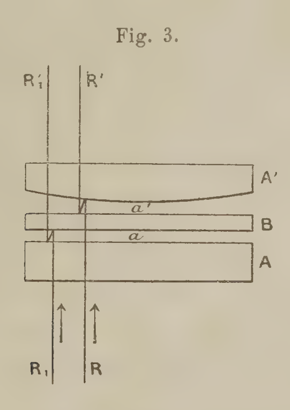
» Tout revient, en définitive, à trouver un procédé qui permette de reconnaître que le plateau mobile B est ramené à une distance *toujours la même* du plateau A, et ce procédé doit être assez sensible pour permettre d'apercevoir un déplacement de B qui ne soit qu'une faible fraction de sa distance à A, distance qui, comme on l'a dit,

n'est que de quelques centièmes de millimètre. Aucun procédé mécanique ne permettrait de résoudre ce problème; c'est ici qu'interviennent les méthodes optiques, que nous allons exposer, basées sur un phénomène d'interférence décrit par nous dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* (¹) et analogue à un phénomène découvert par Brewster.

» La lame B est argentée non seulement sur la face adjacente à A, mais aussi sur sa face supérieure; au-dessus d'elle se trouve une troisième lame A′ (*fig.* 1), dont la face inférieure est argentée. Cette lame A′ est toujours au même potentiel que B; elle ne nuit en rien aux phénomènes électriques, et fait même écran, empêchant toute action extérieure sur la lame B. Les lames B et A′ sont séparées par un intervalle d'air très petit, en sorte que le système comporte deux *lames minces* d'air, limitées chacune par des surfaces de verre argenté.

» La marche d'un rayon lumineux traversant normalement un pareil système peut être très complexe, à cause des réflexions qu'il peut subir sur les couches d'argent. En particulier, nous pouvons considérer un rayon RR′ qui traverse directement la lame d'air AB, et subit deux réflexions dans la lame BA′ (*fig.* 3), et un rayon

Fig. 3.



R_1R_1 suivant la marche inverse. Ces deux rayons, dus à un même rayon incident, sont en réalité superposés; ils donneront naissance à des phénomènes d'interférence, si les épaisseurs des deux lames minces ne sont pas identiques. Il y aura lumière ou obscurité selon

(¹) T. CXXIII, p. 802 et 990.

que la différence des épaisseurs des deux couches d'air est un nombre pair ou impair de quarts de longueurs d'onde.

» L'appareil étant éclairé par de la lumière blanche, mélange d'une infinité de radiations simples qui n'ont pas toutes la même longueur d'onde, une même différence d'épaisseur pourra correspondre à un maximum d'intensité pour une radiation et à un minimum pour une autre, de sorte que l'on obtient, comme dans tout phénomène d'interférence, *des colorations*. En tous les points du système où les deux lames minces ont la même épaisseur, on a de la lumière blanche; l'ensemble de ces points dessine la *frange blanche*, lieu des égales épaisseurs. Cette frange blanche est bordée de franges colorées, les courbes d'égale coloration dessinant les lieux des égales différences d'épaisseur. Ces colorations sont très vives au voisinage de la frange blanche; elles s'affaiblissent à mesure qu'on s'en écarte, et disparaissent dès que la différence des épaisseurs atteint quelques millièmes de millimètre, en sorte que le système de franges n'est visible que si les épaisseurs sont extrêmement peu différentes.

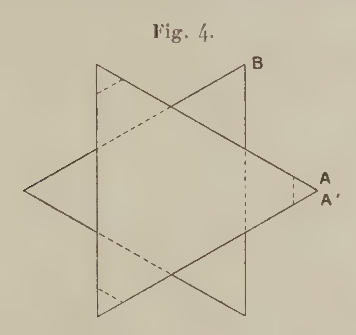
» Tels sont, rapidement exposés, les phénomènes optiques que nous avons utilisés. Dans le cas particulier réalisé dans notre appareil, les lames A et B sont à faces planes, tandis que A′ est *très légèrement* convexe, en sorte que les franges obtenues sont des anneaux centrés si tout, dans l'appareil, est symétrique. Si les épaisseurs sont les mêmes aux points a, a' (*fig.* 3), le système d'anneaux a un centre blanc; le moindre déplacement de la lame B se traduit par un accroissement de l'une des distances, et une diminution de l'autre, par suite par un changement d'aspect des anneaux. Ceux-ci subissent un rétrécissement d'ensemble si la lame B se rapproche de A, et un élargissement dans le cas contraire. La longueur d'onde moyenne de la lumière est environ $\lambda = 0^{\mu},5$ ($1^{\mu} = 0^{mm},001$); si l'anneau blanc est centré, il suffit que le plateau B se déplace de $\frac{\lambda}{4}$ pour que le déplacement soit d'une frange, en sorte que chaque frange vienne prendre la place de la suivante.

» Un déplacement cinq fois moindre est encore extrêmement visible, et le déplacement de B est alors $\frac{\lambda}{20}$, ou $\frac{1}{40000}$ de millimètre. Il est à remarquer qu'il suffit, pour ramener la lame B à la même dis-

tance, de ramener le phénomène au même aspect, et l'on peut pour cela se baser sur la coloration de la plage presque uniforme qui se trouve au centre des anneaux; cette manière d'opérer est beaucoup plus sensible que celle qui consisterait à se régler sur la position d'une frange.

» La somme des distances a et a' doit être parfaitement invariable; à cet effet, les lames A et A' sont solidaires et séparées par des cales un peu plus épaisses que B et faites du même verre. Les variations de température n'ont alors sur la somme de ces distances qu'une influence absolument négligeable. Ces cales ne gênent pas les mouvements de B, grâce à la forme des lames de verre : A et A' (*fig.* 4)

Fig. 4.



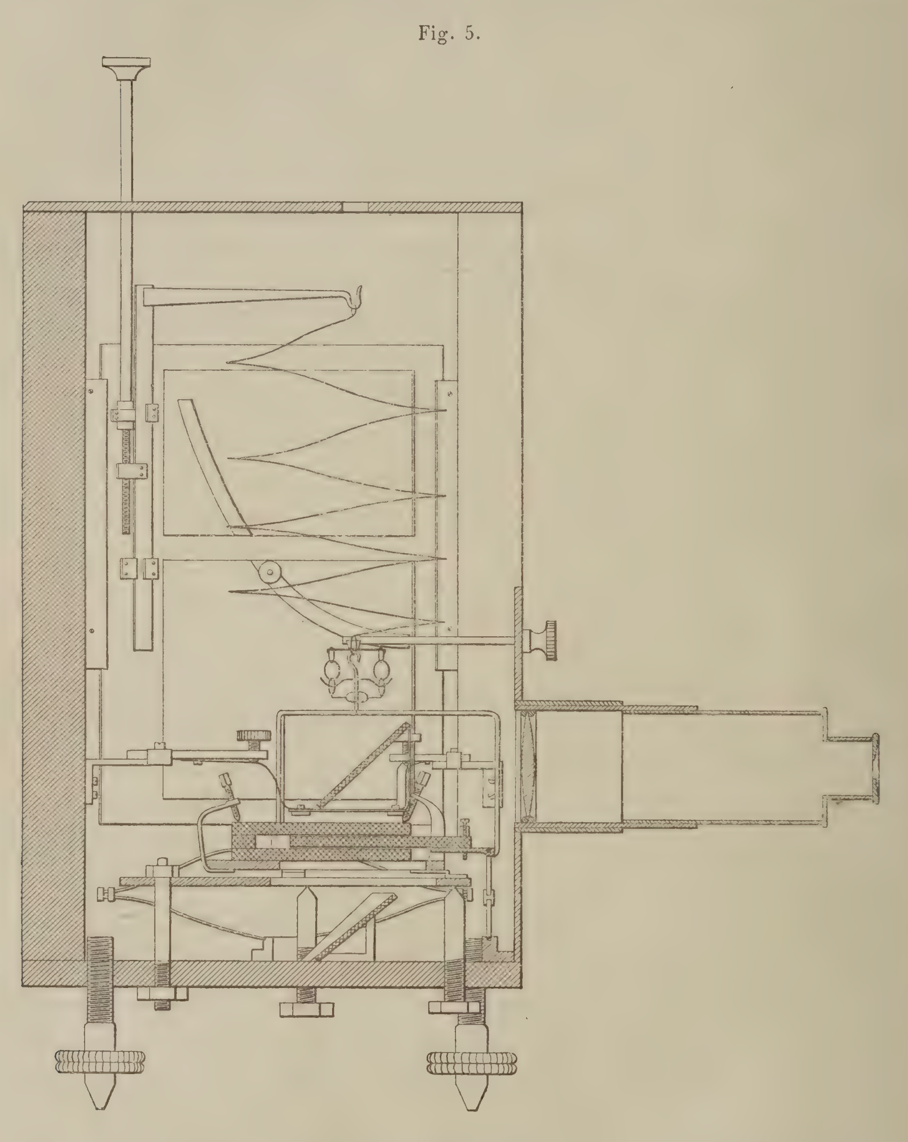
sont des triangles équilatéraux égaux, superposés, les cales qui les séparent sont placées aux angles. B est un triangle équilatéral égal aux précédents, tourné de 60° par rapport à ceux-ci.

» Puisque la somme des distances a et a' est parfaitement constante, chacune d'elles, et en particulier la distance a, reprendra toujours la même valeur si l'on ramène toujours ces distances à être égales, ce dont on sera assuré si les anneaux sont à centre blanc centré relativement à un repère placé sur les plateaux; les plans A et B sont de plus alors parallèles.

» Il faut, avant tout, *régler* l'appareil de manière que cette condition soit satisfaite lorsqu'il est déchargé. Pour cela, l'ensemble des deux lames A, A', est porté sur une pièce triangulaire munie de trois tiges à écrous, et déformable à l'aide de trois vis de pression. C'est à l'aide de ces tiges et vis de pression que l'on règle le parallélisme des lames et qu'on amène les anneaux à apparaître dans le champ. Il est commode d'achever ce réglage en déplaçant la lame B au moyen du ressort R (*fig.* 1), ce qui doit être fait sans que le curseur qui

marque les volts sur la règle divisée cesse d'être au zéro; la tension du ressort est alors produite à l'aide d'une vis supplémentaire qui tend le ressort, sans déplacer le curseur. On agira sur cette vis jus-

Fig. 5.



qu'à ce que le centre blanc apparaisse au centre du système d'anneaux. L'appareil est alors réglé. Pour faire une mesure, on établit entre les bornes la différence de potentiel à mesurer; la lame B se rapproche de A, et les anneaux se rétrécissent ou même disparaissent tout à fait si la différence de potentiel est un peu

grande. On agit ensuite sur le ressort R jusqu'à ce que les anneaux aient reparu avec leur autre blanc. On est alors sûr que la lame B est revenue exactement à la distance primitive, et il suffit de lire sur la règle divisée qui commande le ressort le nombre de divisions; ce nombre est proportionnel au voltage, que l'on pourra calculer si l'on connaît la constante a de l'instrument.

» La constante instrumentale a dépend :

» 1° De l'aire de la partie commune des triangles équilatéraux; cette surface est invariable;

» 2° De l'épaisseur de la lame d'air qui les sépare, et qui est aussi, comme on l'a vu, parfaitement constante;

» 3° De l'élasticité du ressort de compensation. Celle-ci a besoin d'être mesurée de temps en temps. A cet effet, nous avons disposé un poids de platine suspendu à deux anneaux et susceptible d'être déposé sur le support de la lame mobile. L'appareil étant réglé poids levé, on abaisse le poids, et l'on ramène, en tendant le ressort, le centre des anneaux à être blanc.

» Le nombre de divisions N lu sur l'échelle permet de calculer la constante de l'instrument au moment de l'expérience.

» Le constructeur a déterminé, une fois pour toutes, le nombre de volts nécessaires pour produire une force égale au poids de la surcharge. Ce nombre est absolument invariable, car il dépend seulement de la distance des plateaux et de leur surface, et non de l'élasticité du ressort. Soit E ce voltage. On sait alors que N divisions de l'échelle correspondent à E volts, et comme il y a proportionnalité entre les lectures et les voltages, la valeur actuelle de la constante est

$$a = \frac{E}{N}.$$

» Dans l'appareil actuel, la surcharge de platine pèse $1^{gr},25$; le voltage correspondant est

$$E = 51^{volts},40,$$

et la valeur de N, un peu variable, d'environ 133^{mm}.

» *Réglage de l'instrument.* — L'appareil une fois réglé présente une grande stabilité car, il a pu, sans subir un grand déréglage, franchir par deux fois la distance de Marseille à Paris.

» Il arrive néanmoins que, par suite des dilatations des pièces de métal, la lame B n'occupe plus la position médiane entre A et A′ et que, par suite, les anneaux disparaissent. En agissant, soit par le poids, soit par le ressort, on arrivera généralement à faire apparaître un système de franges plus ou moins serrées; on les élargira et on les centrera au besoin sur le repère à l'aide des vis de réglage, opération facile. Dans le cas où l'appareil serait entièrement déréglé, on pourra se servir des images multiples; si l'on regarde directement au travers des argentures le filament d'une lampe à incandescence et que les miroirs formés par les argentures ne soient pas parallèles, on verra non seulement le filament, mais les images, par suite de réflexions sur les surfaces argentées; on fera disparaître celles-ci en agissant sur les vis de réglage.

» On pourra également s'aider des anneaux observés en lumière jaune (flamme d'alcool salé); on élargira et l'on centrera ces anneaux.

» Il suffira alors d'agir sur les trois vis de flexion de quantités égales et successivement pour voir apparaître le système de franges.

» Il faut remarquer qu'il se produit des anneaux, non pas seulement quand les épaisseurs entre a et a' sont les mêmes, mais aussi quand le rapport de ces épaisseurs est une fraction ou un nombre simple, $\frac{1}{2}$ ou 2, par exemple. Ces cas correspondent à des épaisseurs de la lame d'air différentes $\frac{1}{3}$ ou $\frac{2}{3}$ de l'épaisseur $(a + a')$. Si, par hasard, on tombait sur un de ces systèmes et qu'on ne s'en aperçût pas par le manque d'éclat des colorations ou le serrage des franges, on en serait averti à la première mesure, étant donné que l'on sait toujours approximativement quel potentiel on a à mesurer.

» Enfin il est nécessaire que la ligne des deux crochets du ressort soit parallèle au déplacement de la coulisse; pour vérifier ce fait, le ressort étant décroché, on place l'appareil vertical à l'aide du fil à plomb; puis, enlevant le bouchon supérieur, on fait passer le fil à plomb à l'intérieur, et l'on vérifie que la ligne des crochets est verticale.

» *Résultats.* — Voici, pour mémoire, les résultats d'une série de mesures faites avec une pile étalon :

Constante de l'instrument; 1^{mm} vaut 0,3865 volt.

E vrai.	E mesuré.
14,29	14,72
28,59	28,60
42,88	42,82
57,18	57,20
71,47	71,50

» On voit qu'à partir de 30 volts on peut compter largement sur le dixième de volt.

» L'instrument est convenable pour les courants alternatifs, sa capacité étant de $3.8.10^{-10}$ farads, le facteur par lequel il faut multiplier la lecture faite sur une force électromotrice alternative de fréquence 60 est

1,00000026,

pratiquement l'unité.

» Celui que vous avez sous les yeux va de 25 à 70 volts, mais rien n'empêche d'en construire allant jusqu'à 500 volts, soit en employant des ressorts plus forts pour la suspension de la lame mobile et pour la mesure de la force attractive, soit en augmentant un peu la distance des lames. »

M. le Président remercie M. Pérot.

La séance est levée à $10^h 15^m$ du soir.

AUTOMOBILES ÉLECTRIQUES [1].

ÉVOLUTION DES AUTOMOBILES ÉLECTRIQUES DE 1881 A 1897.

M. Hospitalier. — « Bien que les premiers moteurs électriques aient suivi de près la découverte de l'induction par Faraday en 1830, et que l'accumulateur de Gaston Planté date de 1860, on n'a pu songer sérieusement à réaliser un véhicule électrique autonome actionné par des accumulateurs que lorsque le système de mesures électriques a été assez perfectionné pour permettre d'établir la possibilité d'une semblable application, par le rapprochement des efforts de traction, de la puissance des moteurs, du débit et de la capacité des accumulateurs.

» Pendant que M. Raffard poursuivait, en 1881, les premières expériences qui aient été faites sur un tramway à accumulateurs, M. G. Trouvé faisait circuler rue de Valois un tricycle électrique actionné par un de ses petits moteurs et alimenté par 6 accumulateurs Planté. Au moment de ces expériences, il a été fourni peu de détails sur cet appareil qui ne présente plus aujourd'hui qu'un intérêt historique, et sur lequel nous ne possédons aucun chiffre.

» En 1882, M. W.-E. Ayston, alors ingénieur-conseil de l'*Electrical Power Storage C°*, de Londres, fit construire et expérimenter dans les rues de Londres un tricycle électrique à deux grandes roues et petite roue directrice placée à l'arrière, comme on les construisait alors. Ce véhicule à une seule place, que nous avons décrit en son temps [2], ne fit que paraître et disparaître.

» C'est seulement en 1887 que M. Magnus Volk, de Brighton, fit construire, par M. Park, une voiture à trois roues [3], à deux places, en forme de dog-cart, actionnée par 16 accumulateurs E. P. S. et un moteur Immisch de 400 watts.

---

(1) Grâce à l'obligeance du journal *l'Industrie électrique*, qui a bien voulu mettre à notre disposition les clichés nécessaires, nous pouvons compléter aujourd'hui la Communication de M. E. Hospitalier, publiée dans notre dernier Bulletin, en reproduisant les figures de la plupart des véhicules projetés, avec les indications qui caractérisent leurs dispositions essentielles.

(2) É. Hospitalier, *L'Électricité à la maison* (1884).

(3) *La Nature* du 28 janvier 1888, n° 765.

» En 1888, un dog-cart à quatre roues fut construit pour le sultan par MM. Immisch et Magnus Volk [1], en profitant des résultats fournis par le véhicule de 1887. Le véhicule portait 24 accumulateurs E. P. S. pesant 350^{kg} et un moteur Immisch de 1000 à 1200 watts. Le réglage de la vitesse se faisait par l'introduction de résistance dans le circuit.

» En 1892, quelques expériences furent faites à Saint-Ouen, par la *Société pour la transmission de la force par l'électricité*, sur un mylord de la Compagnie des Petites Voitures transformé en accumobile. 48 accumulateurs Laurent Cély, fabriqués par la *Société pour le Travail électrique des métaux*, alimentaient un moteur de 2200 watts. La commande des roues d'arrière se faisait par double transmission, engrenages et chaîne, et les variations de vitesse par couplage de la batterie divisée en quatre groupes. Les 400^{kg} d'accumulateurs permettaient un parcours de 45^{km} à 50^{km}, sans rechargement, mais 35^{km} seulement à la plus grande vitesse limitée à 16^{km} par heure. Cette voiture est, au point de vue historique, le premier fiacre électrique qui ait roulé à Paris.

» En 1893, nous avons à signaler le tricycle électrique du comte Carli et le phaéton de M. G. Pouchain, d'Armentières.

» Le tricycle du comte Carli, qui devait figurer au concours de *voitures sans chevaux* organisé par le *Petit Journal* en 1894, était une voiture légère à deux places [2], sur laquelle les chiffres fournis par l'inventeur sont très insuffisants. La caractéristique de ce véhicule consistait dans l'emploi d'une caisse d'impulsion de réserve constituée par des ressorts en caoutchouc que l'on bandait à la main, par un volant spécial, et que l'on faisait débander sur les roues motrices, soit pour démarrer, soit pour donner un coup de collier dans une côte. Nous faisons toutes réserves sur l'efficacité d'une semblable combinaison.

» Le phaéton de M. Pouchain se rapproche davantage des conditions normales d'un véhicule électrique destiné au transport de 3 ou 4 personnes. Il pèse, en ordre de marche, 1270^{kg} ainsi répartis :

---

(1) *La Nature* du 29 septembre 1888, n° 800.

(2) *La Nature* du 10 mars 1894.

Voiture	630
Accumulateurs	500
Moteur	110
Accessoires	30

» La batterie se compose de 54 éléments Dujardin à 3 plaques, formant 6 groupes de 9 éléments chacun. Au démarrage, les 6 groupes montés en dérivation fournissent 17 volts, 40 ampères (680 watts); ce couplage correspond à la première ou petite vitesse (4^{km} par heure). Les autres vitesses sont réalisées en montant trois groupes en dérivation pour deux en tension (34 volts), ce qui correspond à une vitesse de 9^{km} par heure; puis deux groupes en dérivation pour trois en tension (50 volts, 12^{km} par heure); enfin, la grande vitesse s'obtient sur les 6 groupes en tension (100 volts, 16^{km} par heure). Le moteur est un dynamo série, type Rechniewski, d'une puissance normale de 2000 watts, mais pouvant en produire exceptionnellement le double.

» En 1894, on a vu circuler dans Paris un phaéton électrique à deux places [1] construit par M. Jeantaud, le carrossier bien connu.

» Le bâti est établi, comme la carrosserie des voitures à chevaux, en fer et bois. Les roues en bois sont munies de bandages en caoutchouc plein. Les roues d'arrière motrices, les roues d'avant directrices, avec essieu brisé et commandé par levier. Les poids se répartissent ainsi :

	kg
Accumulateurs	420
Moteur	110
Voiture et transmissions	490
Voyageurs	150
Total	1170

» Le courant est fourni par 21 accumulateurs type *Fulmen*, pesant chacun 20^{kg}, dont 66 pour 100 de plaques et 33 pour 100 de liquide et boîtes en celluloïd.

» Les capacités absolues sont les suivantes :

Débit en ampères.	Capacité en ampères-heure.
30	300
40	240
70	210

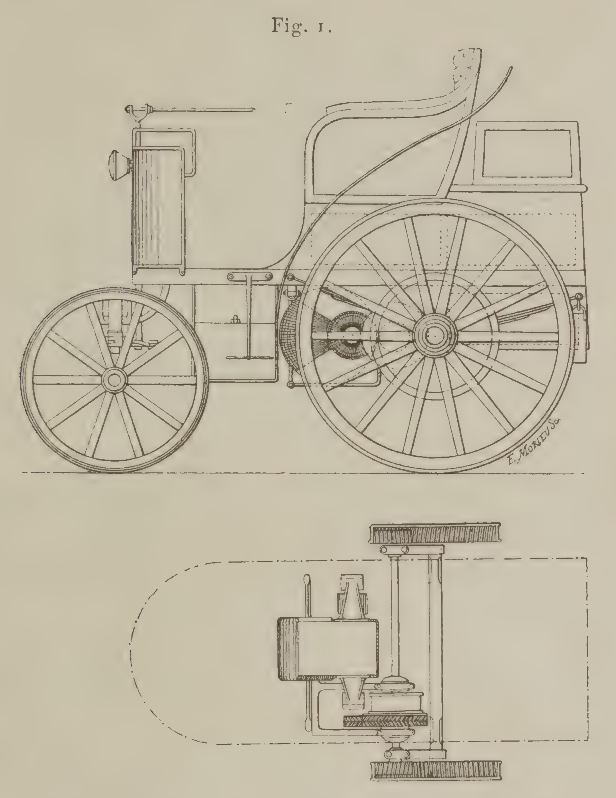
[1] *La Nature* du 26 janvier 1895, n° 1130.

» Ces chiffres correspondent à

22	ampère-heure par	kilogramme de plaques	au régime de	1	ampère	par kilogramme	
16	»	»	»	5	»	»	

» Le moteur série, construit par la Compagnie de Fives-Lille, a une puissance de 2000 watts à 1200 tours par minute (inducteurs

Fig. 1.



Phaéton électrique à deux places de M. Jeantaud (1894).

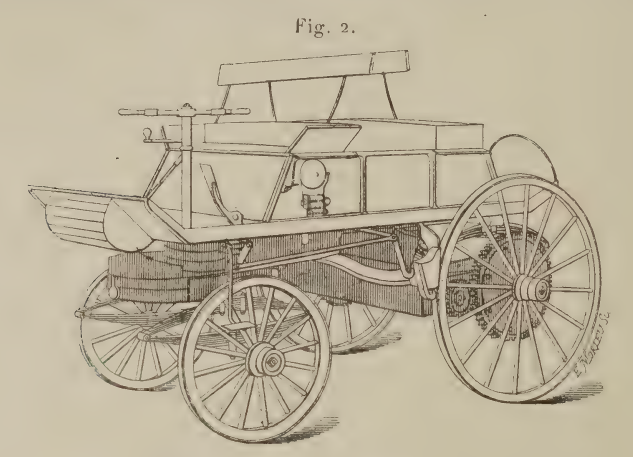
en tension) ou de 3300 watts à 1300 tours par minute (inducteurs en dérivation). Les accumulateurs restent toujours couplés en tension ; les changements de vitesse s'obtiennent par un couplage en tension ou en dérivation des deux bobines d'excitation roulées sur les inducteurs. La transmission aux roues se fait par engrenage avec arbre intermédiaire portant le différentiel.

» La voiture ne peut parcourir que 30^{km} à la vitesse maxima de 20 kilomètres par heure.

» Toutes les accumobiles signalées jusqu'ici sont d'origine euro-

péenne. Les premiers essais tentés aux États-Unis datent de 1894, et furent entrepris par MM. Morris et Salom ([1]). Leur première voiture circula pour la première fois dans les rues de Philadelphie le 31 août 1894. Ils lui ont donné le nom d'*Electrobat* (bât électrique). C'est un grand dog-cart à 6 places (*fig.* 2) monté sur roues en bois

Fig. 2.



Electrobat n° 1 de MM. Morris et Salom.

et jantes en fer, avec roulements à billes. Son poids total en ordre de marche est de 1930^{kg} ou 2260^{kg} avec 5 voyageurs. La batterie se compose de 60 éléments pesant ensemble 725^{kg}. Leur capacité est de 100 ampères-heure au régime normal. Le moteur du type Electric launch de la *General Electric C°* a une puissance normale de 2000 watts pouvant atteindre 6000 watts pendant quelques instants. Son poids est de 140^{kg}.

» La transmission aux roues d'arrière se fait par engrenage. La puissance électrique absorbée en palier, sur bon pavé, à la vitesse de 16 kilomètres-heure, est de 1100 watts par tonne de poids total. La vitesse maxima peut atteindre 24 kilomètres-heure en palier.

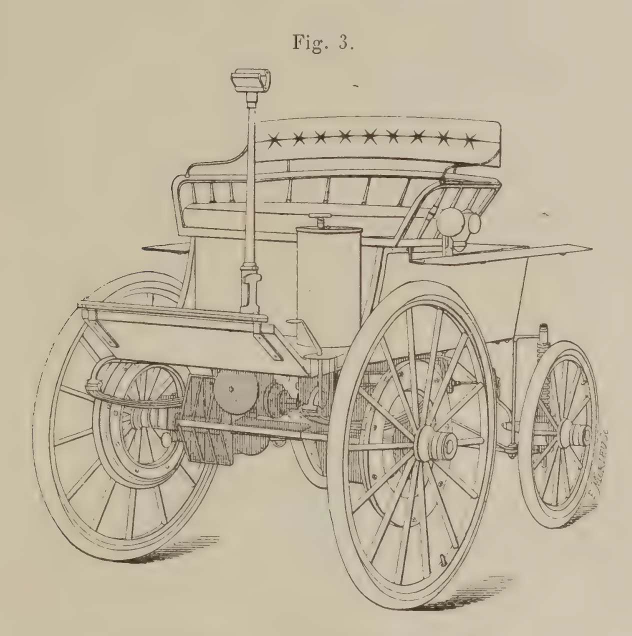
» Ce véhicule d'expérience a permis à MM. Morris et Salom de construire l'*Electrobat* n° 2 (*fig.* 3) qui concourut et gagna le premier prix du Motocycle Contest organisé par le *Times-Herald,* et disputé le 28 novembre 1895 à Chicago. Ce véhicule, d'une forme assez élégante, est monté sur quatre roues en bois avec bandages pneu-

---

([1]) Pedro Salom, *Automobile Vehicles* (*Journal of the Franklin Institute*). Conférence du 18 décembre 1895, publiée dans la livraison d'avril 1896.

matiques et roulements à billes. Les roues d'avant, motrices, ont 1^{m} de diamètre et supportent 570^{kg}; les roues d'arrière, directrices, supportent 180^{kg}. Le poids de la voiture en ordre de marche, sans voyageurs, est de 750^{kg}. Les roues directrices ont $0^{m},92$ d'écartement, les roues motrices $1^{m},12$, l'empatement est de $1^{m},25$.

Fig. 3.



Electrobat n° 2 de MM. Morris et Salom.

» Les accumulateurs sont disposés en quatre boîtes de 12 éléments chacun, d'une capacité moindre de 50 ampères-heure. Ils sont fabriqués par l'*Electric Storage Battery C°*, de Philadelphie. Chaque boîte complète de 12 éléments pèse $72^{kg},5$ et renferme une quantité d'énergie électrique disponible égale à 1 kilowatt-heure. Ces accumulateurs alimentent deux moteurs Lundell de 1100 watts chacun.

» Les changements de vitesse s'obtiennent par les couplages des moteurs et des batteries. La commande des roues d'avant est faite directement par engrenages.

» La vitesse maxima en palier et sur bonne route est de 32^{km} par heure. Le parcours moyen de la voiture avec une charge est d'environ 45^{km}. Les coefficients *électriques* de traction, déduits de la puissance électrique fournie aux moteurs, de la vitesse du véhicule

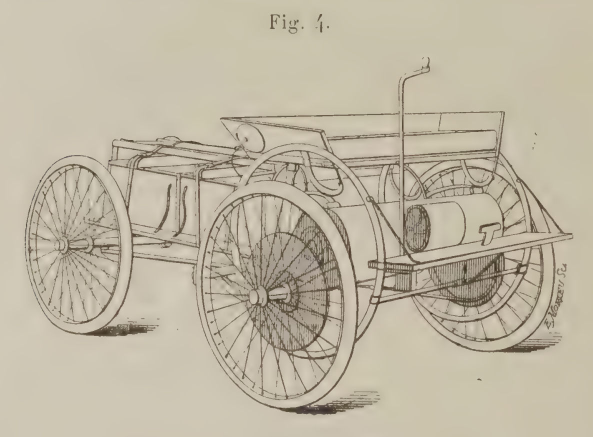
et de son poids, ne dépassent pas

0,029 pour une vitesse de	....	8^{km} par heure
0,030 »	....	19 »
0,034 »	....	32 »

» Les écarts entre ces chiffres et ceux résultant d'expériences plus anciennes doivent être attribués en partie à l'emploi de pneumatiques, en partie aux roulements à billes.

» L'*Electrobat* n° 3 (*fig.* 4) a été étudié par M. Morris en vue de réaliser une petite voiture de livraison (*delivery wagon*). Il est con-

Fig. 4.



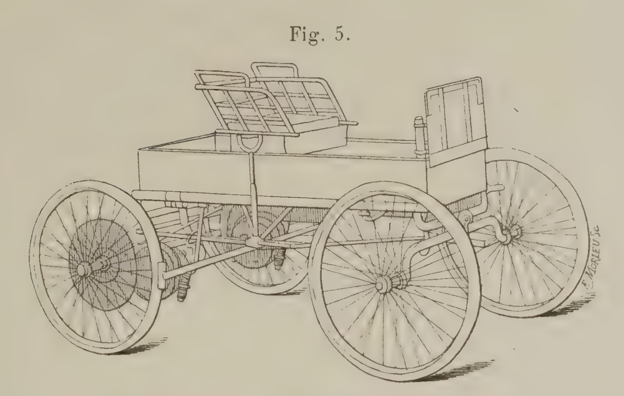
Electrobat n° 3 de MM. Morris et Salom.

struit comme les bicyclettes, avec un châssis en tubes d'acier et des roues entièrement métalliques, avec pneumatiques anti-dérapants. Le poids du véhicule en ordre de marche est de 535^{kg}. Il comporte deux places à l'avant; les accumulateurs sont à l'arrière, et les marchandises à livrer viennent se fixer sur la caisse de la voiture. Les roues d'avant sont motrices et les roues d'arrière directrices.

» L'*Electrobat* n° 4 (*fig.* 5) de MM. Morris et Salom est un type de voiture légère, construit entièrement en tube d'acier. Il est actionné par deux moteurs et deux batteries seulement de 12 éléments chacune. La vitesse maxima avec deux voyageurs est de 20^{km} à l'heure, et le parcours total sans recharge d'environ 40^{km}. Le poids total de l'accumobile ne dépasse pas 365^{kg}, ainsi répartis :

Châssis tubulaire	39 kg
Roues	29
Batteries	160
Moteurs	68
Engrenage, contrôleur, divers	69
Total	365

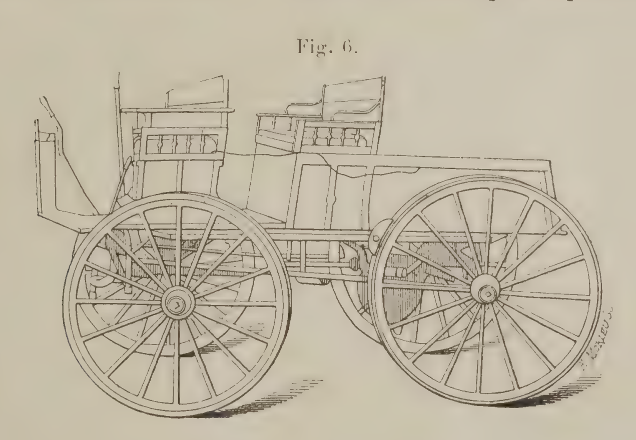
Fig. 5.



Electrobat n° 4 de MM. Morris et Salom.

» La *Sturges Electric Motocycle C°*, de Chicago, avait envoyé au concours du *Times-Herald* un véhicule électrique représenté *fig.* 6.

Fig. 6.



Voiture électrique Sturges.

Cette voiture pesait 1600^{kg} en ordre de marche. Les roues en bois étaient munies de bandages en caoutchouc. Les roues motrices placées à l'arrière étaient actionnées par engrenages par un moteur Lundell d'une puissance de 2100 watts, et recevait le courant d'une batterie de 36 éléments, pouvant débiter normalement 30 ampères,

mais dont le poids n'est pas donné. On n'a d'ailleurs que peu de renseignements sur cette voiture, que nous signalons à titre purement historique.

» Plus intéressante à tous égards est la voiture à 6 places que M. Jeantaud avait engagée dans la course de Paris-Bordeaux le 12 juin 1895, course dont le programme était si peu favorable aux accumobiles. La voiture de Jeantaud fit la moitié du parcours, et c'est la première fois qu'un véhicule électrique a parcouru 600^{km} en quelques jours, presque d'une traite. Nous résumons sous forme de Tableau les principales données de construction et de fonctionnement de cette voiture :

Nombre de voyageurs	6
Poids de la voiture en charge, en kilogrammes	3000
» de la batterie, en kilogrammes	850
» des plaques, en kilogrammes	575
» des vases et des liquides, en kilogrammes	275
Nombre d'éléments	38
Débit normal de la batterie, en ampères	70
» maximum possible, en ampères	200
Capacité au régime de 30 ampères, en ampères-heure	300

» Le véhicule est actionné par un moteur Postel-Vinay, de 70 ampères 70 volts (5 kilowatts), pesant 225^{kg}, avec un rendement à pleine charge de 91 pour 100. A tiers de charge, le rendement est encore de 68 pour 100. Suivant le profil de la route, une charge suffit pour parcourir de 40^{km} à 70^{km}.

» C'est aussi en 1895 que M. Krieger expérimenta sa première voiture électrique, qui n'était autre chose qu'une victoria de la Compagnie *l'Abeille*, transformée en automobile par un simple changement de l'avant-train ([1]). M. Krieger emploie un avant-train à la fois moteur et directeur. Chaque roue est actionnée par un moteur ; les deux moteurs ont leurs inducteurs en série et leurs induits en dérivation. En mettant en court-circuit l'induit de l'un des moteurs, la voiture tourne aussitôt du côté du moteur mis en court-circuit. Dans ce premier fiacre, la voiture pesait 1150^{kg} sans voyageurs, elle

---

([1]) KRIEGER, *Voiture électrique* (*Bulletin de la Société internationale des Électriciens,* janvier 1897).

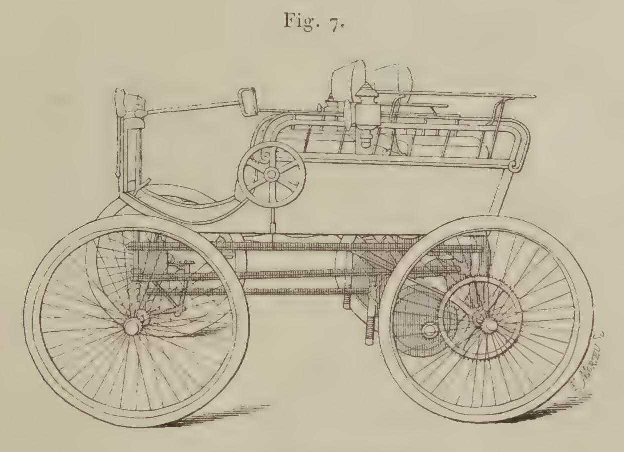
portait 285^{kg} d'accumulateurs Fulmen et pouvait parcourir 30^{km} à la vitesse moyenne de 12^{km} par heure. Mais la carrosserie des fiacres ne se prête pas à une transformation directe en accumobile. Après un an de service, le fiacre n° 7319 était complètement disloqué et mis hors de service.

» La seconde voiture construite et expérimentée, en 1896, par M. Krieger est montée sur un châssis métallique destiné à recevoir tous les efforts de réaction des moteurs. Les roues sont en bois et munies de bandages en caoutchouc. La voiture en ordre de marche, sans voyageurs, pèse 1860^{kg}, dont 1630^{kg} pour l'avant-train seul. Cet avant-train porte 16 accumulateurs Julien de 30^{kg} de plaques, pesant ensemble 640^{kg} et présentant une capacité de 450 ampères-heure au régime de 60 ampères. Ces accumulateurs alimentent deux moteurs Rechniewski pesant 150^{kg} chacun. Une charge permet de parcourir de 50^{km} à 60^{km}, suivant le profil et l'état de la route.

» L'année 1896 nous révèle deux nouveaux constructeurs d'automobiles électriques, la *Ricker Electric Motor C°*, de New-York, et M. A. Darracq, de Paris.

» Le dog-cart de M. Riker (*fig.* 7) est construit exactement

Fig. 7.



Dog-cart électrique de Riker.

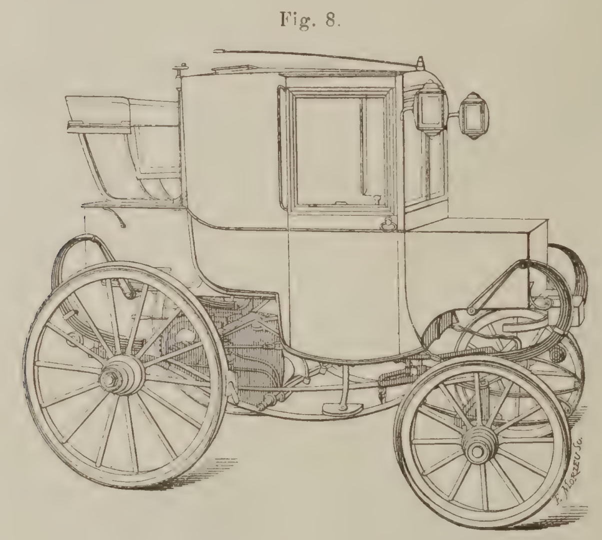
comme une bicyclette, en tube d'acier, avec roues à rayons tangents, roulements à billes et pneumatiques. Il pèse 815^{kg} en ordre de marche, et renferme 32 accumulateurs pouvant débiter normalement 25 ampères pendant quatre heures. La direction, à essieu

brisé, est à l'avant ; les roues motrices, placées à l'arrière, sont actionnées par deux moteurs Riker de 2200 watts chacun.

» La voiture peut atteindre une vitesse de 40^{km} par heure : normalement, elle peut faire 16^{km} pendant quatre heures sans rechargement, ce qui correspond à un parcours de 64^{km}. Cette accumobile a gagné la course et le premier prix à la *Rhode Island State Fair,* le 7 septembre 1896, contre des voitures à essence de pétrole, ce qui semble indiquer que les Américains sont moins avancés que nous en matière de voitures à pétrole, bien que la matière première soit directement sous leur main.

» C'est au quatrième Salon du Cycle, ouvert au Palais de l'Industrie en décembre 1896, que parut pour la première fois le coupé électrique de M. A. Darracq (*fig.* 8), où il obtint un grand et légitime succès de curiosité.

Fig. 8.



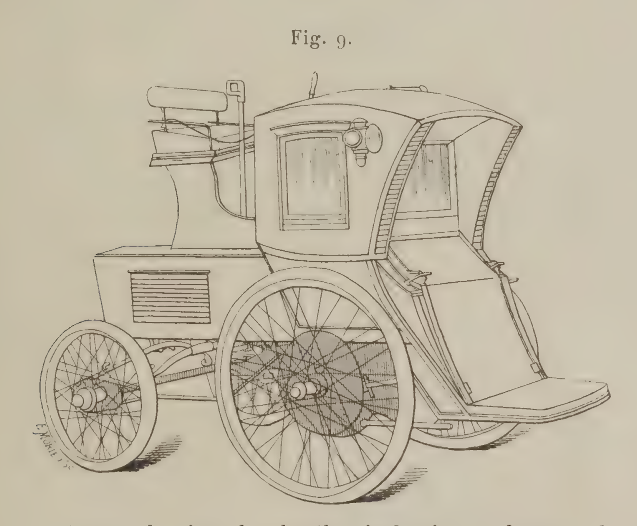
Coupé-cab de M. Darracq.

» Le coupé à deux places, avec cocher à l'arrière, est monté sur des roues en bois avec jantes en caoutchouc, avec châssis en tube d'acier. Les roues d'arrière, motrices, sont commandées par un moteur à deux induits que l'on couple en tension ou en dérivation, suivant la vitesse à réaliser. Les roues d'avant, directrices, sont montées sur un essieu brisé et dirigées par un long levier qui, passant sur le toit de la voiture, se termine par une poignée bien dans la main du cocher. La voiture pèse environ une tonne en ordre de

marche, sans voyageurs. La voiture se compose de 40 éléments *Fulmen* de 10^{kg} chacun, dont un tiers de boîtes et liquides et deux tiers de plaques. Le régime normal de décharge de la batterie est de 25 ampères et sa puissance de 1900 watts. La capacité des accumulateurs est de 125 ampères-heure au régime de 25 ampères, ce qui permet une marche de cinq heures à la vitesse d'environ 12^{km} par heure et 60^{km} de parcours sans rechargement des batteries.

» Le coupé-cab semble d'ailleurs constituer la forme favorite des constructeurs d'accumobiles, car pendant que M. Darracq exhibait le sien en France, *The Electric Carriage and Wagon C°*, de New-York, issue des études et de travaux préliminaires de MM. Morris et Salom dont nous avons parlé précédemment, faisait construire une douzaine de *Hansoms* électriques (*fig.* 9) qui, depuis le 15 avril dernier, circulent dans les rues de New-York.

Fig. 9.

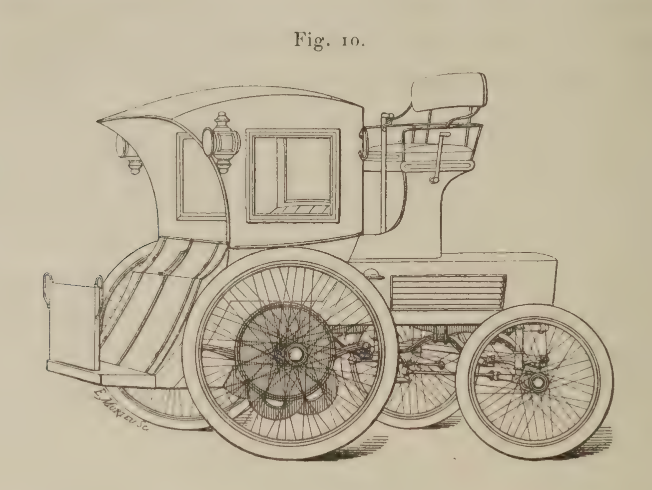


Hansom électrique de *The Electric Carriage and Wagon C°*.

» Ce coupé, dont les roues motrices sont à l'avant et les roues directrices à l'arrière, pèse 1130^{kg} en ordre de marche, dont 400 environ pour les 44 accumulateurs qui l'actionnent à l'aide de deux moteurs Lundell de 1100 watts chacun. Les grandes roues ont 1^{m},08 de diamètre, les petites 0^{m},80; elles sont montées comme les roues de bicyclettes avec rayons tangents et pneumatiques. Les batteries, d'une capacité de 70 ampères-heure, sont fabriquées par l'*Electrical storage Battery C°*, de Philadelphie. Les communications avec

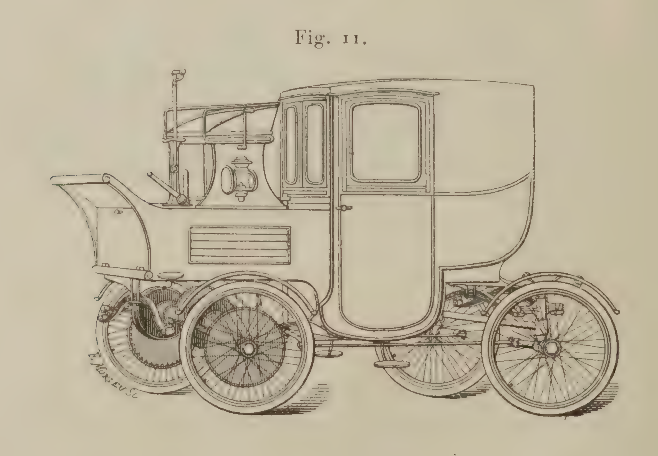
la voiture et le contrôleur s'établissent automatiquement par la simple introduction des boîtes dans la caisse arrière, où elles sont logées. Les trois vitesses de 8^{km}, 16^{km} et 24^{km} par heure en palier

Fig. 10.



sont obtenues par couplage en série ou en dérivation des accumulateurs et des moteurs. Le rechargement devant se faire par remplacement des batteries épuisées, la provision d'énergie n'est prévue que pour un parcours de 30^{km} à 40^{km} au maximum.

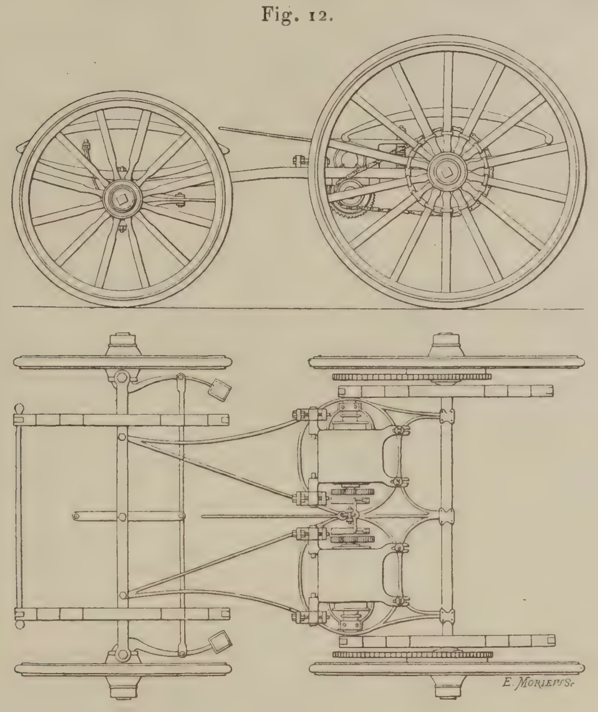
Fig. 11.



» La *fig.* 10 montre une autre forme de *hansom* et la *fig.* 11 un coupé électrique construits par la même Compagnie. Les conditions de marche, de direction, de poids, de commande et de réglage sont très sensiblement les mêmes que celles du coupé-cab représenté

fig. 9, mais nous devons reconnaître que leurs formes sont beaucoup moins satisfaisantes. Le cab (*fig.* 10) est inutilement muni d'un

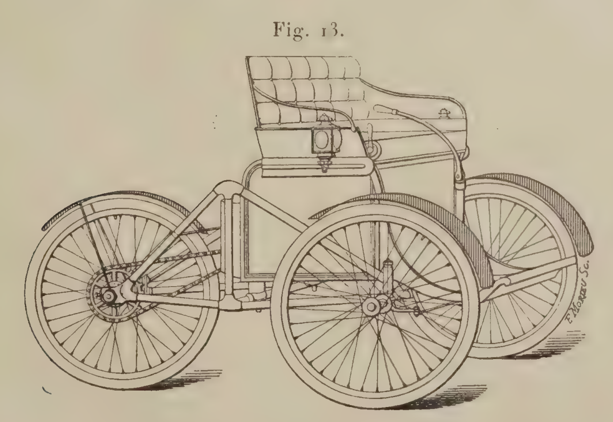
Fig. 12.



Disposition du châssis-monteur des voitures de *The American Vehicle C°*, de Chicago.

garde-boue, le coupé (*fig.* 11) est beaucoup trop bas sur roues et manque véritablement d'élégance.

Fig. 13.



Voiture légère de *The American Vehicle C°*.

» Pendant qu'une Compagnie américaine de New-York lance les

accumobiles que nous venons de décrire, une autre Compagnie américaine, celle-ci de Chicago, *The American Vehicle C°*, crée toute une série de voitures électriques dont la *fig.* 12 montre l'ensemble des dispositions mécaniques qui se comprennent sans explication.

» Pour les voitures légères, la même Compagnie a établi (*fig.* 13) un type tricycle à un seul moteur, avec roue motrice à l'arrière, ce qui supprime le différentiel, et les roues d'avant directrices, avec essieu brisé.

» Ici se termine l'énumération des accumobiles construites, expérimentées ou mises en service jusqu'en avril 1897.

» L'année actuelle verra éclore une douzaine au moins de nouveaux véhicules actuellement en construction, et l'on peut affirmer, sans crainte d'être mauvais prophète, que le siècle prochain inaugurera l'usage universel du *Fiacre électrique*, l'utopie d'il y a vingt ans. »

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

Allemagne.

Elektrotechnische Zeitschrift.

13/5. — Sur les propriétés magnétiques d'aciers de fabrication récente, et le coefficient de Steinmetz; *A. Ebeling* et *E. Schmidt.* — Influence des moteurs synchrones sur le coefficient d'utilisation des stations centrales à courants polyphasés; *B. Klasson.* — Nouveau système Duplex de télégraphie; *L. Pohl.*

20/5. — Relation entre la capacité et le débit des accumulateurs; *W. Peukert.* — Influence de la forme de la courbe des tensions sur les pertes par hystérésis des transformateurs; *L. Fleischmann.* — Télégraphie duplex avec l'appareil Hughes; *Wietlisbach.*

27/5. — Sur l'emploi des moteurs en dérivation pour les tramways; *R. Bauch.*

Angleterre.

The Electrician.

14/5. — Essais des câbles télégraphiques; *E. Young.* — Méthode de Sullivan, pour la recherche de la position des extrémités des câbles dans une cuve; *A. Taylor.* — Rayons cathodiques et rayons Lenard; *J. Mcclelland.* — Réactions d'induit et théorie de la commutation; *C. Hawkins.*

21/5. — Théorie électromagnétique; *O. Heaviside.* — Dissociation des atomes; *G. Fitz-Gerald.* — Rayons cathodiques; *J.-J. Thomson.* — Réaction (*suite*); *C. Hawkins.*

28/5. — Réaction (*suite*); *C. Hawkins.* — Sur les dynamos; *W. Mordey.*

Electrical Review.

2/4. — Les lampes de haut voltage; *L. Addenbrooke.*

16/4. — Du rôle de l'*élément* dans les vitesses de transmission des câbles; *E. Raymond Barker.* — Les accumulateurs à charge rapide; *L. Epstein.* — Arcs sifflants, exemple d'induction électrostatique; *Forée-Bain.*

23/4. — Productions de rayons X de pénétration variable; *E. Swinton.* — Moteurs polyphasés (*suite*); *A. Eborall.*

30/4. — Transmission par courants triphasés ou continus; *G. Addenbrooke.* — Utilisation des forces hydrauliques pour la transmission; *W. Baxter.* — Vitesses limites pour courroies et cordes de transmission. — Moteurs polyphasés... (*fin*); *A. Eborall.*

7/5. — Tuyaux non isolés pour canalisations intérieures; *V. Zingler.* — Procédé

chimique et mécanique pour faire le vide dans les lampes. — Action électrique du charbon dans les flammes; *R. Fuge.* — Station centrale de Rome.

14/5. — Tuyaux non isolés... (*suite*); *V. Zingler.* — Pose rapide des câbles sous-marins en cas de guerre; *L. Crutchley* et *C. Scott.*

21/5. — Tuyaux non isolés... (*suite*); *V. Zingler.* — Transmissions électriques dans les usines; *S. Clirehugh.* — Pose rapide... (*suite*); *L. Crutchley* et *C. Scott.*

23/5. — Correction de température pour la résistance des diélectriques; *R. Appleyard.* — Edison electric illuminating Company à New-York; *H. Lomas* et *H. Gunton.* — Transmissions... (*fin*); *S. Clirehugh.* — Pose rapide... (*suite*); *L. Crutchley* et *C. Scott.*

Autriche.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

15/5. — Station centrale de Rumburg; *Demuth.*

Amérique.

Electrical Engineer.

5/5. — Emploi des accumulateurs... (*suite*); *J. Appleton.* — L'électricité dans les mines de houille; *H. Gardner.* — Éclairage par arcs en Europe et en Amérique; *F. Wiler.* — Exigences de la traction électrique à grande vitesse; *H. Cochrane* et *E. Swartout.* — Conditions financières des tramways américains; *E. Higgins.* — Synchronographe; *A. Crehore* et *G. Squier.* — Couplage des alternateurs; *S. Woodbridge.*

12/5. — L'ascenseur Sprague à Minneapolis; *F. Sprague.* — Emploi des accumulateurs... (*suite*); *J. Appleton.* — Synchronographe (*suite*); *A. Crehore* et *G. Squier.* Conditions... (*suite*); *E. Higgins.* — Exigences... (*suite*); *H. Cochrane* et *E. Swartout.* — Lampe à arc Walker.

19/5. — Emploi des accumulateurs... (*suite*); *J. Appleton.* — Synchronographe (*fin*); *C. Crehore* et *G. Squier.* — Automobile à accumulateurs de la Pope Manufacturing Co. — Installation du troisième rail sur le chemin de fer entre New-Britain et Hartford.

Electrical World.

27/3. — Pertes de charge dans les transformateurs; *J. Bijur.*

3/4. — Traction électrique au Port Chalmette (Nouvelle-Orléans); *W. Smith.* — Monte-charges électriques.

Journal of the Franklin Institute.

Mai. — Dispositif de sûreté pour circuits électriques.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 7 juillet 1897 (1).

Présidence de M. J. VIOLLE, Vice-Président.

La séance est ouverte à 8h35m soir et le procès-verbal de la dernière Réunion adopté.

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque (*voir* ci-après) et des demandes d'admission suivantes :

MM.

Desombre (Paul-Édouard-Gaspard), Ingénieur des Arts et Manufactures, 2, rue du Dragon, à Lille (Nord). — Présenté par MM. F. Loppé et A. Sabourain.

Limb (Claudius), Docteur ès Sciences, Ingénieur-Conseil de la *Maison Gindre frères et Cie*, Préparateur à la Sorbonne, 43, rue de Lyon, à Paris. — Présenté par MM. G. Lippmann et J. Blondin.

Paulin (Charles), Ingénieur à la *Maison Bardon*, 11, rue Van-Loo, à Paris. — Présenté par MM. L. Bardon et J. Laffargue.

Tonnart (André-Joseph), Directeur des ateliers de la *Société Le Carbone*, 69, rue de Courcelles, à Levallois-Perret (Seine). — Présenté par MM. Ch. Street et H. Worms.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

Les dons ci-après ont été faits à la Société pour l'École supérieure d'Électricité :

MM.

Masson et Cie................	Service du journal *La Nature*.
Maison Breguet..............	Un petit moteur.

Des remercîments sont adressés aux donateurs.

M. le Secrétaire général donne lecture d'une lettre reproduite dans le présent numéro et par laquelle le Comité franco-italien de l'Exposition de Turin fait appel à la participation des Membres de la Société.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DES COUPE-CIRCUITS ET DES FILS FUSIBLES (1).

M. F. LAPORTE. — « Messieurs, au mois d'avril dernier, la Commission du Laboratoire central d'Électricité discuta et adopta un projet dû à l'initiative de nos deux derniers Présidents, MM. Potier et Sciama. Il s'agissait d'augmenter l'utilisation, le rendement, puis-je dire, des appareils et de toute l'installation du Laboratoire. Aux services dejà existants de conservation des unités électriques, des étalonnements et des essais industriels est venu s'ajouter le Laboratoire de recherches.

» Son but est de faire des travaux de longue haleine sur des questions intéressant les électriciens, et de chercher à les élucider à l'aide d'études longuement et patiemment suivies, qui ne peuvent s'entreprendre dans des laboratoires particuliers ou industriels. Les moyens d'action du Laboratoire central aidant et facilitant le travail et les méthodes de mesures, assurant l'uniformité des expériences, on peut espérer que ces études donneront quelques résultats pratiques et fourniront des documents utiles à ceux qui sauront les mettre en œuvre.

» La Commission a bien voulu m'appeler à ce nouveau Service. Elle me proposa, comme première question, l'étude expérimentale des coupe-circuits et des plombs fusibles. J'ai voulu, avant l'interruption annuelle de nos séances, vous dire que le travail est sérieusement commencé, résumer les principales publications parues sur ce sujet et vous faire connaître les premiers résultats obtenus.

» J'ai demandé à nos principaux constructeurs d'appareils électriques leurs modèles de coupe-circuits et je les ai mis en service afin de pouvoir les essayer plus tard dans les conditions qu'ils rencontrent en pratique.

» Je suis heureux de vous signaler à ce propos que cette étude a reçu un bienveillant accueil de la part des électriciens; la plupart

---

(1) En l'absence de M. Laporte, indisposé, cette Communication a été présentée par M. P. Janet, Directeur du Laboratoire où ces recherches ont été effectuées.

des fabricants ont envoyé au Laboratoire une série de leurs appareils à titre de dons ou de prêts; un de nos Collègues, M. Clemançon, m'a promis des fils fusibles fonctionnant régulièrement depuis une dizaine d'années dans des théâtres, et l'un des membres du bureau de la Société, M. Sartiaux, a bien voulu dépouiller en notre faveur une Compagnie de chemins de fer des plombs existants sur son réseau. M. Tresca nous a promis aussi les plombs en service au Conservatoire des Arts et Métiers. Permettez-moi d'exprimer ici à tous ma gratitude de l'empressement avec lequel j'ai été reçu, et ma reconnaissance des conseils d'une longue expérience dont ils ont bien voulu me faire profiter.

» Les conditions qui agissent sur la fusion d'un fil dans un coupe-circuits sont nombreuses et fort complexes. D'autre part, il existe un grand nombre de types de coupe-circuits très différents les uns des autres de forme, de dimensions, de dispositions et de nature. Avant de les étudier, il fallait connaître le fil fusible en lui-même; c'est par là que j'ai commencé.

LES FILS FUSIBLES.

» L'échauffement et la fusion des conducteurs par le passage d'un courant électrique ont été spécialement étudiés par Preece. Dès 1884, il fait part de ses expériences à la Société Royale de Londres. Il mesure l'intensité nécessaire pour amener au rouge des fils de platine et de différents métaux et, pour chaque métal, il cherche la loi qui relie cette intensité au diamètre du fil. Cette loi, qu'il vérifie dans ses expériences postérieures de 1887 sur la fusion des conducteurs, peut s'énoncer en disant que le carré de l'intensité du courant doit être proportionnel au cube du diamètre.

» Si nous prenons en effet le moment où le fil a atteint son équilibre de température, en écrivant que la quantité de chaleur développée par le passage du courant est égale à la quantité de chaleur rayonnée, on trouve facilement

$$I^2 = K^2 d^3 \qquad \text{ou} \qquad I = K d^{\frac{3}{2}}.$$

K est une constante pour un métal donné et pour une température déterminée. Cette équation reste vraie pour la température de fusion

du métal; alors K est l'intensité de fusion du fil de diamètre unité.

» Preece donne le coefficient K relatif à la fusion de différents métaux : cuivre, aluminium, platine, étain, plomb, par exemple, pour des fils de 150^{mm} de longueur, tendus entre des bornes légères, et aussi pour 30^{mm} de longueur avec des extrémités plus importantes. Mais il signale, dès sa première communication, que, pour les fils fins, la loi de la proportionnalité de l'intensité à la puissance $\frac{3}{2}$ du diamètre n'est pas exacte.

» Divers auteurs, Forbes entre autres et Bottomley, font remarquer la proportionnalité presque absolue de l'intensité au diamètre.

» En 1893, Matthews [1] a présenté à l'Institut américain des Ingénieurs électriciens un rapport sur les conditions de fusibilité des fils. Il vérifie tout d'abord la loi que je viens de signaler de la proportionnalité du courant à la puissance $\frac{3}{2}$ du diamètre et il la trouve exacte pour une série de fils ayant tous uniformément une longueur de 150^{mm}.

» Il étudie les différents alliages de plomb et d'étain et détermine expérimentalement l'intensité qui fait fondre chacun d'eux. Il constate que le fil dont le courant de fusion est le plus faible a comme composition 2 parties de plomb et 1 partie d'étain. Ce n'est cependant pas l'alliage à température de fusion minima. Ce fait s'explique par les valeurs différentes de la résistivité des alliages, valeurs qui déterminent la quantité de chaleur reçue par le fil.

» Il signale l'importance de la durée du courant et de la longueur du fil sur l'intensité que le fusible peut supporter sans se rompre.

» M. Anney [2], notre Collègue, donne à son tour, en 1894, les résultats d'une série d'expériences sur la fusibilité des fils. Il étudie les dimensions comprises entre 0^{mm},2 et 3^{mm} de diamètre et les longueurs de 12^{mm} à 42^{mm}; il signale les variations très grandes pouvant résulter pour le point de fusion de la longueur du fil et de la masse plus ou moins considérable de ses attaches. Il s'étonne de voir la diversité que présentent à ces points de vue les appareils de nos constructeurs.

» Parmi plusieurs travaux présentés à l'Institut américain des In-

---

(1) *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers;* may 1893.

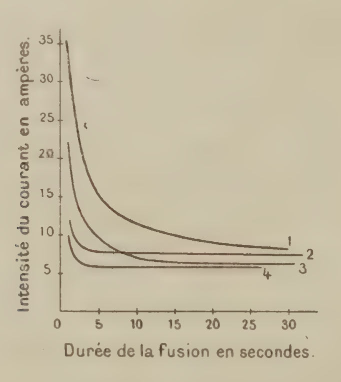
(2) *Industrie électrique,* 25 février 1894.

génieurs électriciens, signalons un rapport important de MM. Stine Gaytes et Freeman [1], publié en 1895.

» Ils ont tout d'abord cherché le temps qu'un fil met pour se rompre sous l'action d'un courant donné. La durée du passage du courant était enregistrée et mesurée au moyen d'une méthode chronographique. Lorsqu'on change l'intensité du courant, on obtient des durées différentes. On peut interpréter graphiquement les résultats en portant les durées sur l'axe des x et les intensités correspondantes en ordonnées. La courbe ainsi obtenue permet de saisir plus facilement l'ensemble du phénomène de la fusion d'un fil dans des conditions bien déterminées. Il faut une forte intensité pour faire rompre rapidement un fusible, même d'un faible diamètre. Un fil, dont l'intensité normale de fusion est de 8 ampères, peut en supporter 35 pendant une seconde. La courbe descend très rapidement pendant les premières secondes, elle s'approche de plus en plus lentement de la valeur limite, mais ce n'est qu'au bout de vingt ou trente secondes que l'intensité du courant de fusion reste très sensiblement constante.

Fig. 1.

Temps nécessaire pour amener la fusion du fil à différentes intensités.



Longueur du fil : 200mm.

		mm
1.	Fil d'alliage fusible. Diamètre.........	0,93
2.	Fil de cuivre.........................	0,20
3.	Fil d'alliage fusible..................	0,76
1.	Fil de maillechort....................	0,27

» Cette inertie des fils d'alliage fusible peut avoir une importance

(1) *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, octobre 1895.

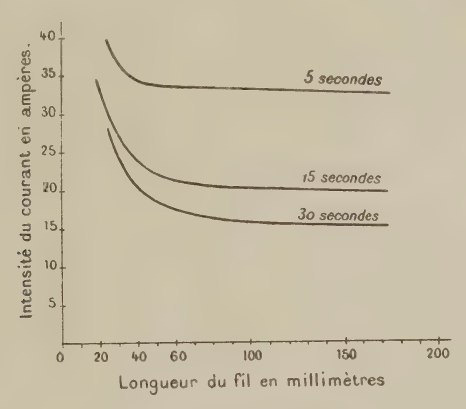
fâcheuse dans certains cas. Les courbes analogues tracées pour le cuivre et le maillechort sont très différentes et la durée critique est réduite à trois ou quatre secondes, l'intensité du courant de fusion en régime permanent étant sensiblement la même. Leur emploi est malheureusement très limité parce que leurs températures de fusion sont trop élevées. Le maillechort, en outre, se désagrège rapidement.

» MM. Stines, Gaytes et Freeman n'ont pas trouvé que le passage prolongé d'un courant alternatif dans un fil modifiât sensiblement l'intensité amenant sa fusion, comme des travaux précédents avaient paru le montrer.

» Passant ensuite à l'étude de l'influence de la longueur, ils déterminèrent l'intensité qui fait fondre un fil d'une certaine longueur dans un temps donné. Les bornes extrêmes dont la distance était variable avaient un poids relativement fort. Le fil était tendu horizontalement et soutenu, de 25^{mm} en 25^{mm}, par des supports

Fig. 2.

Variation de l'intensité de courant amenant la fusion après un temps constant avec la longueur du fil.



Alliage fusible.

d'amiante ou de mica. L'intensité nécessaire pour amener la fusion augmente beaucoup à mesure que la longueur du fil diminue, l'influence refroidissante des attaches prenant plus d'importance. Ces courbes ont été obtenues, la durée d'action du courant restant constante. A mesure que ce temps diminue, on peut remarquer que l'action des bornes extrêmes devient moins sensible.

» Ce travail, fort intéressant, est très complet; il donne des renseignements très utiles. L'emploi des supports d'amiante ou de mica pour soutenir le fil fusible me semble cependant pouvoir modifier quelque peu l'intensité qui amène la rupture. Mauvais conducteurs de la chaleur, ils modifient certainement très peu la distribution calorifique. Ils peuvent cependant changer les conditions pratiques de la rupture du fil en soulageant ses extrémités d'une partie de son poids au moment où il commence à s'affaisser.

» J'ai repris les expériences de fusion des fils en faisant varier leur longueur. Et, tout d'abord, comment convenait-il de les placer horizontalement ou verticalement?

» Les fils des coupe-circuits de la plupart des installations sont placés verticalement : c'est la position qui semble présenter le moins de danger pour la formation d'un court-circuit au moment de la fusion. Des expériences préliminaires m'ont montré qu'un fil vertical se rompt plus régulièrement et plus tôt qu'un fil tendu horizontalement. Normalement, un fusible devrait toujours céder et interrompre le courant au moment où sa température atteint celle de son affaissement; en pratique il est loin d'en être ainsi et, dans certains cas, le retard qu'il présente à la rupture peut prendre une importance considérable. Nous allons chercher à en déterminer les raisons afin d'éviter, si c'est possible, ces causes d'erreurs dans les expériences suivantes.

» Pour les fils de plomb, ce retard à la rupture est souvent rendu visible; la température dépasse tellement celle de la fusion qu'elle atteint fréquemment celle du rouge. C'est un phénomène bien connu des électriciens. Il se présente régulièrement, nécessairement, puis-je dire, dans certaines conditions. La cause principale est sans doute l'oxydation du plomb. Elle se produit, en effet, à une température notablement inférieure à celle de la fusion. Si donc le courant qui traverse le fil augmente progressivement, la surface se couvre d'une couche d'oxyde. Au moment de la fusion, cette gaine, moins fusible que le plomb, peut maintenir le métal passant à l'état liquide et empêcher le circuit de se rompre. Il suffit pour cela que le diamètre du fil soit assez faible, inférieur à 1^{mm} environ, et que sa longueur ne dépasse pas quelques centimètres, trois ou quatre,

par exemple. Si l'intensité du courant continue à croître, la température du métal fondu s'élève, elle atteint facilement le rouge et même le rouge vif et peut s'y maintenir longtemps. Au moment où le plomb a pris une tension de vapeur suffisante, brusquement la gaine éclate, se vide et le courant est rompu.

» L'action de l'oxygène de l'air paraît avoir une influence indubitable sur ce phénomène. En opérant dans les mêmes conditions, le plomb rougit dans l'air, tandis que je n'ai pu obtenir que la fusion simple dans le gaz d'éclairage. Un fil d'alliage fusible, employé ordinairement dans les coupe-circuits (60 de plomb, 40 d'étain), a rougi dans le gaz d'éclairage après s'être recouvert d'une couche noire brillante. Quelle est la nature de cette transformation de la surface? Est-ce une couche de graphite? De nouvelles études seraient nécessaires pour s'en assurer.

» D'autres causes de retard à la rupture doivent également exister.

» Sous l'influence d'un courant croissant lentement, un fil d'alliage fusible tendu horizontalement se dilate d'abord et prend la forme d'une courbe plus ou moins gauche. A la température pour laquelle l'alliage se ramollit, on voit le fil s'affaisser en son milieu; cette demi-fusion gagne rapidement des deux côtés pour s'arrêter à quelques millimètres des points d'attache. Le fil ainsi assoupli prend, sous l'action de la pesanteur, la courbure classique de la chaînette. Pour les fusibles d'un gros diamètre, c'est le moment de la rupture. Les fils plus fins, au contraire, peuvent rester longtemps en cet état; j'en ai maintenu un pendant plusieurs heures, sa surface conservant la même apparence et ne semblant pas oxydée. J'attribue cette résistance à la rupture à la tension superficielle.

» Les actions capillaires des métaux à l'état liquide doivent avoir une importance considérable. Quincke donne pour valeur de la tension superficielle :

Pour l'eau	7,5
» le plomb	45,6

» Au moment de la fusion, lorsque l'alliage est encore à l'état pâteux, cette valeur est, sans doute, beaucoup plus considérable encore.

» Si l'intensité du courant augmente, le fil s'assouplit davantage,

un souffle le fait osciller. Bientôt l'oxydation a lieu et le métal en fusion peut être porté au rouge comme le plomb.

» Avec un fil vertical, le même phénomène se produit encore, mais plus difficilement. Il faut que le poids du fil qui s'affaisse au moment de la fusion ne soit pas suffisant pour rompre le métal à la partie supérieure avant que l'oxydation soit produite.

» Dans une suite d'expériences, ce retard à la rupture pouvait être une cause d'erreur importante n'affectant que certains résultats; il importait donc de chercher des conditions de fusion autant que possible uniformes.

» Toutes ces actions étant superficielles, il était naturel de chercher à recouvrir la surface du fil, à l'isoler en quelque sorte.

» J'ai essayé de l'enduire avec une dissolution de résine dans la benzine. Recouvert, de cette façon, d'une couche réductrice même très mince, le fil ne rougit plus. Avec le plomb, à la température d'oxydation, la résine fond et forme à la surface du métal une sorte de vernis brun brillant qui empêche l'oxydation profonde et qui se laisse facilement percer dès que la fusion se produit. Avec l'alliage fusible, l'enduit semble réduire beaucoup la valeur de la tension superficielle et le circuit se rompt dès que le fil commence à s'affaisser.

» J'ai vérifié d'ailleurs que cette faible épaisseur de résine ne change pas sensiblement les conditions de refroidissement du fil. Un même courant produit la fusion d'un fil enduit ou non, quand les dimensions du fusible sont telles que la rupture ait lieu au moment où l'affaissement se produit.

» J'ai donc dans mes expériences suivantes recouvert les fils de cet enduit chaque fois que je pouvais craindre un retard anormal pour l'interruption du circuit.

» Preece, en se servant de gomme laque dans le but de déterminer par sa fusion la température des conducteurs essayés, avait déjà constaté que les fils de plomb et d'étain fondaient plus facilement dans ces conditions.

» La masse des bornes métalliques qui servent à l'attache du fil fusible peut avoir une importance sérieuse sur le moment de la fusion par l'action refroidissante qu'elle exerce. Pour les faibles longueurs, cet effet peut devenir très considérable; mais, dès que la

distance des bornes augmente, l'influence de leur poids devient vite insensible en pratique.

» Avec des attaches légères en laiton, du poids de 6^{gr} environ, un fil d'alliage de $1^{mm},2$ de diamètre et de 20^{mm} de longueur fond par le passage d'un courant de 17,7 ampères; avec des bornes de 800^{gr}, l'intensité nécessaire est de 24,2 ampères, soit une augmentation de plus du tiers. Avec une longueur de 40^{mm}, les intensités sont respectivement 13,6 et 14,1, variant seulement de 4 pour 100 environ.

» Mes expériences ont été faites jusqu'ici uniformément avec des bornes en laiton du poids de 65^{gr}, poids supérieur à celui que présentent, en moyenne, les attaches métalliques des coupe-circuits. Le fil fusible était serré entre deux rondelles par une vis à tête moletée. Les bornes se fixent à des distances variables le long des tiges métalliques servant à amener le courant.

» Les fils étaient tendus librement dans l'air tranquille de la pièce. La modification apportée par le couvercle des coupe-circuits sera étudiée en même temps que ces appareils.

» Le courant provenait d'une batterie d'accumulateurs. Suivant sa valeur, l'intensité a été mesurée, au moyen d'une résistance étalonnée et d'un voltmètre de précision Carpentier, par un ampèremètre apériodique Chauvin et Arnoux, ou par une balance de Lord Kelvin. Les variations du courant étaient obtenues au moyen d'une résistance liquide à électrodes mobiles, qui permettait de faire croître le courant insensiblement.

» Les résultats se rapportent tous à des intensités ayant amené la fusion après un temps notablement supérieur à la durée critique de trente secondes que j'ai signalée plus haut. On peut donc les considérer comme convenant à la fusion des fils en régime permanent.

» Voici d'ailleurs comment l'expérience était conduite : le courant était établi et maintenu constant pendant deux minutes environ, puis l'intensité était augmentée progressivement d'une faible fraction de sa valeur, et l'on attendait de nouveau deux minutes; on continuait ainsi jusqu'au point de fusion.

» J'ai essayé successivement des fils d'alliages fusibles, de plomb et de cuivre.

I. — Alliages fusibles.

» Mes expériences ont porté sur deux séries de fils d'alliages fusibles provenant de deux fabricants différents. Leur composition est presque la même et les résultats obtenus sont tous très voisins.

» Voici l'analyse chimique faite au Bureau d'essai de l'École des Mines :

	Alliage fusible	
	a.	*b.*
Plomb	60,9	65,6
Étain	37,5	33,9
Cuivre	0,6	»

» La température d'affaissement du fil d'alliage a été mesurée approximativement. Elle est de 190 à 180 degrés pour l'alliage *a* et de 180 degrés pour l'alliage *b*. Cette détermination a été faite au moyen d'un couple thermo-électrique. La soudure était placée en même temps que l'alliage dans une enceinte à température sensiblement uniforme et qu'on élevait progressivement. Le couple employé, zinc maillechort, est très sensible pour les températures voisines de 200°. Il n'est pas très constant. L'étalonnement a été vérifié à chaque expérience pour le point d'ébullition de l'eau et la température de fusion du plomb.

» On a cherché la résistivité des fils essayés. La moyenne est pour chaque alliage, en microhms-centimètres :

Alliage *a*	15,3 à 15 degrés C.
» *b*	16,0 à 25 degrés C.

» Les conditions d'expérience étaient les suivantes :

Fil tendu verticalement à l'air libre;
Contacts en laiton du poids de 65gr;
Température extérieure de 15 à 20 degrés.

Tableau des intensités du courant amenant la rupture.
Fils d'alliage fusible (a).

Longueur du fil entre ses attaches.	Diamètre des fils en millimètres.								
	0,367.	0,57.	0,82.	0,97.	1,20.	1,59.	1,97.	2,36.	2,97.
mm									
10	4,00	9,2	»	»	»	»	»	»	»
20	3,04	6,1	11,4	15,1	21,0	33,5	»	»	»
30	2,56	4,9	8,4	12,2	17,4	»	»	»	»
40	2,3	4,4	7,7	9,9	14,8	21,9	33,0	»	»
60	2,2	4,0	6,5	8,4	11,7	18,0	26,1	34	45,2
80	»	»	»	»	»	16,0	»	»	»
100	2,15	3,7	5,9	7,5	9,9	15,0	20,2	»	38,0
120	»	»	»	»	»	»	»	25	»
150	»	»	5,6	7,2	9,6	13,8	18,3	»	33,0
200	»	»	»	»	»	13,0	17,2	»	»
250	»	»	»	»	»	»	»	21	»
300	»	»	»	»	»	»	»	»	29,2

» L'alliage *b*, essayé dans les mêmes conditions, donne des résultats tout à fait analogues. Chaque fil n'a été essayé que pour deux longueurs différentes.

Tableau des intensités du courant amenant la rupture.
Fils d'alliage fusible (b).

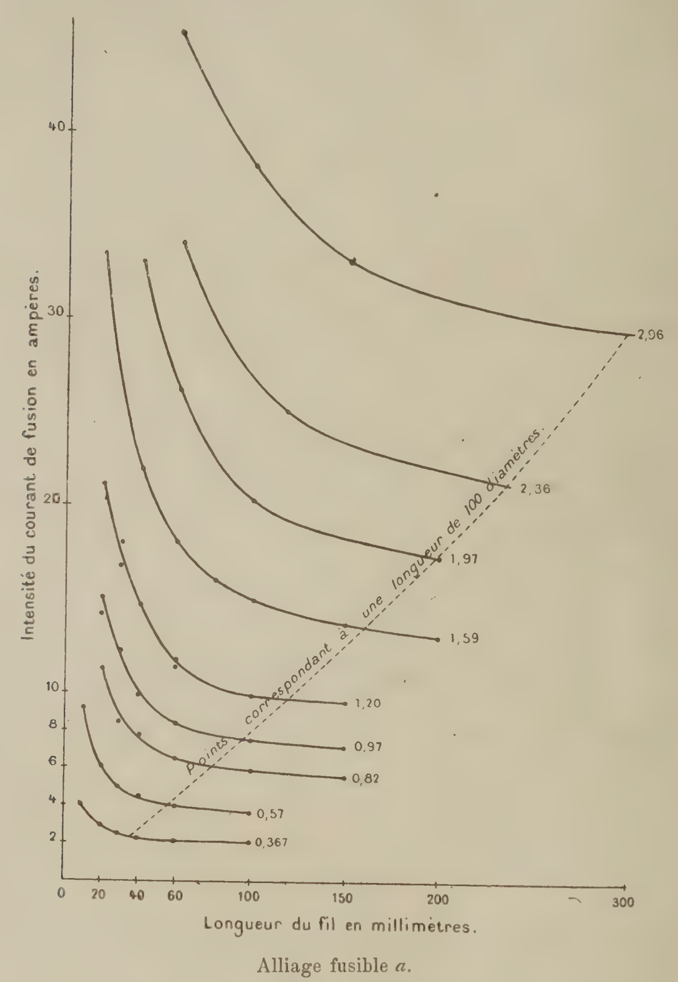
Longueur du fil entre ses attaches.	Diamètre des fils en millimètres.							
	0,39.	0,60.	0,79.	0,98.	1,20.	1,505.	1,97.	3,06.
mm								
10	4,6	»	»	»	»	»	»	»
20	3,0	»	»	»	20	29,2	39,7	»
30	2,60	5,25	»	»	»	»	»	»
40	2,45	»	6,8	»	»	»	30,5	»
60	»	4,1	»	8,7	»	»	»	»
80	»	»	5,5	»	»	»	»	»
100	2,15	»	»	7,1	»	»	19,0	»
120	»	»	»	»	9	»	»	»
150	»	»	»	»	»	12	»	»
200	»	»	»	»	»	»	16,5	»
300	»	»	»	»	»	»	»	28,5

» Si l'on interprète graphiuqement les résultats des expériences en portant sur l'axe de x les longueurs du fil et en ordonnées les intensités du courant ayant amené la fusion, on obtient une courbe (*fig.* 3) variant d'abord très rapidement et tendant ensuite lentement vers une limite fixe.

» Pour les longueurs des fils fusibles employés dans les coupe-circuits industriels, de 1cm à 6cm, les variations de l'intensité sont

Fig. 3.

Variations de l'intensité du courant de fusion avec la longueur du fil.



Alliage fusible *a*.

très considérables et peuvent, dans ces limites, atteindre ou dépasser $\frac{100}{100}$. A partir d'une certaine longueur, les variations de l'intensité deviennent peu sensibles. La courbe, au moins dans sa partie principale, se rapproche beaucoup d'une hyperbole équilatère ayant pour asymptotes l'axe des intensités et une droite parallèle à l'axe des longueurs.

» Les courbes correspondant à des fils de diamètre de plus en plus fort conservent la même allure générale. Elles sont presque

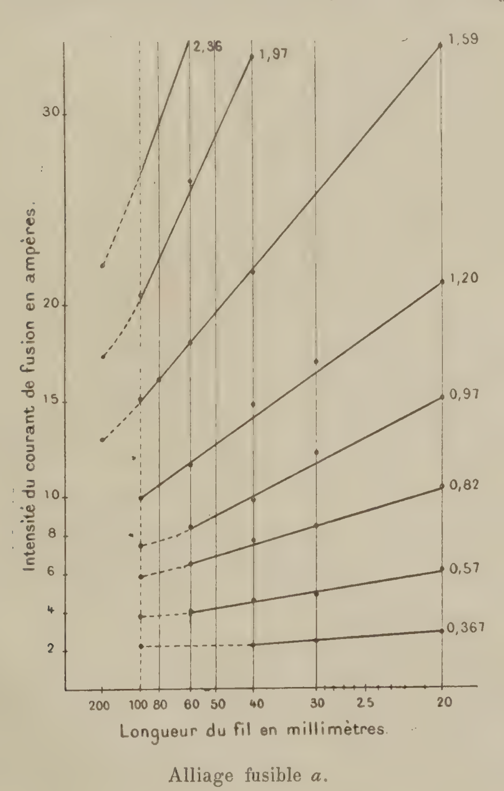
semblables et leurs dimensions à peu près proportionnelles au diamètre.

» Les chiffres inscrits à droite des courbes indiquent le diamètre des fils fusibles.

» Il est facile de rendre la lecture de ces courbes plus aisée et leur détermination plus rapide. Il suffit de prendre comme abscisses, non plus la longueur du fil, mais son inverse. La courbe représentative devient alors une ligne droite, au moins dans les limites des dimensions ordinaires des coupe-circuits. Deux expériences, faites avec des longueurs de 6^{cm} et de 2^{cm}, par exemple, suffisent pour déterminer l'intensité de fusion pour les longueurs intermédiaires.

Fig. 4.

Variations de l'intensité du courant amenant la fusion avec la longueur du fil.



Alliage fusible *a*.

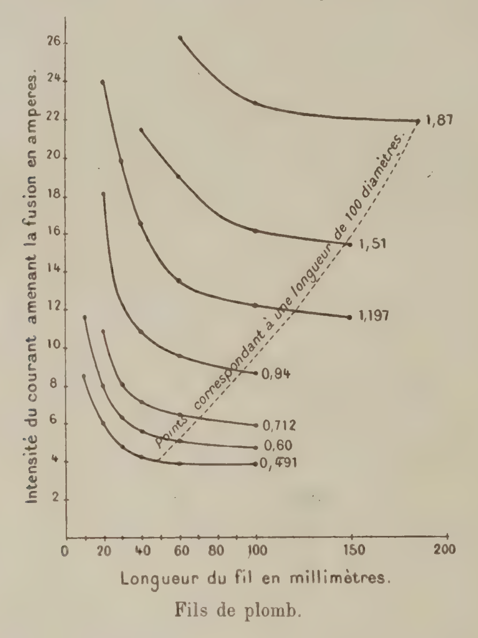
» Les courbes relatives à l'alliage *b* sont sensiblement les mêmes (*fig.* 4). L'intensité serait toujours un peu plus faible, comme le montrent les courbes de la *fig.* 7.

II. — Fils de plomb.

» La même série d'expériences a été reprise avec les fils de plomb qui sont encore employés assez souvent dans les coupe-circuits.

Fig. 5.

Variation de l'intensité du courant amenant la fusion avec la longueur du fil.



Fils de plomb.

» La résistivité moyenne des fils essayés, à la température de 15 degrés C., était 20,7 microhms-centimètres.

Tableau des intensités du courant amenant la rupture.

Fils de plomb.

Longueur du fil de plomb entre ses attaches.	Diamètres des fils en millimètres.						
	0,491.	0,60.	0,712.	0,94.	0,197.	1,51.	1,87.
mm 10	8,6	11,7	»	»	»	»	»
20	6,1	8	11	18,2	24 ?	»	»
30	4,8	6,4	8,1	12,3	19,3	»	»
40	4,3	5,6	7,2	10,9	16,3	21,5	»
60	3,9	5,1	6,5	9,6	13,5	»	26,5
80	»	»	»	»	»	17,5 (1)	»
100	3,9	4,8	6	8,7	12,3	16,2	23
150	»	»	»	»	11,7	15,5	»
185	»	»	»	»	»	»	21,5

(1) Longueur : 75^{mm}.

» Les fils de plomb n'ont pas été enduits de résine. Le fil était au rouge au moment de la rupture dans toutes les expériences correspondant aux chiffres en caractères gras.

» Les résultats, interprétés graphiquement, donnent lieu à des courbes (*fig.* 5) analogues à celles que je viens de signaler; elles ont encore la forme d'hyperboles et l'on peut aussi leur faire subir la transformation indiquée plus haut pour pouvoir les remplacer par des lignes droites.

III. — Fils de cuivre.

» Mes essais se sont bornés à cinq fils de cuivre d'un diamètre très faible, de haute conductibilité.

Tableau des intensités du ourant camenant la fusion.

Fils de cuivre.

Longueur du fil entre ses attaches.	Diamètre des fils en millimètres.				
	0,09.	0,13.	0,18.	0,245.	0,307.
mm					
10	4,4	7,1	10,2	»	»
20	3,45	5,7	8,6	12,6	»
30	3,2	5,3	7,7	10,8	15,3
40	3	5	7,1	10,2	14
60	2,9	4,7	6,6	9,75	12,4
100	2,9	4,7	6,4	9,2	»
150	»	»	»	9,1	11,6

» Les courbes de variation de l'intensité amenant la fusion avec la longueur affectent encore la même forme (*fig.* 6), mais elles tendent moins rapidement vers leur limite. La conductibilité calorifique du cuivre étant plus élevée, l'action refroidissante des extrémités s'étend plus loin.

» Il serait intéressant de pouvoir déterminer à l'avance l'intensité du courant qui fera rompre un fil d'un diamètre donné dans certaines conditions bien déterminées. Mais l'influence de la longueur et surtout l'action refroidissante des bornes extrêmes sont des facteurs trop complexes pour intervenir dans un calcul.

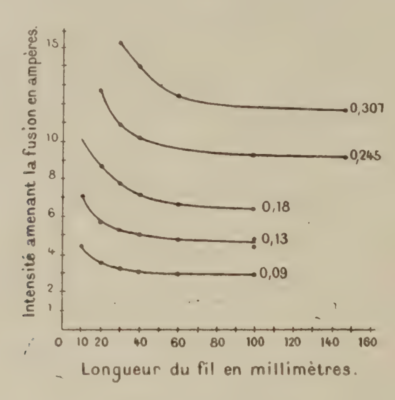
» Au moyen de cette première série d'expériences, j'ai limité cette recherche à un cas particulier, celui où la longueur du fil est

suffisante pour que l'intensité de fusion ne soit influencée ni par la masse des extrémités, ni par une variation dans la longueur.

» Les courbes obtenues montrent que cette longueur varie avec le diamètre du fil et qu'elle peut être fixée approximativement à cent diamètres pour l'alliage fusible et pour le plomb. C'est celle que j'ai choisie afin d'avoir pour chaque fil la longueur minima.

Fig. 6.

Variation de l'intensité du courant amenant la fusion avec la longueur du fil.



Fils de cuivre.

» Dans ces conditions, si l'on cherche à appliquer la formule théorique signalée tout à l'heure

$$I = K d^{\frac{3}{2}}.$$

» Les résultats d'expériences s'écartent notablement des prévisions calculées de cette façon.

» Ils donnent une courbe (*fig.* 7) constamment comprise entre celle qui résulte de la loi de Preece et la droite que donne

$$I = K d;$$

proportionnalité de l'intensité au diamètre.

» Conservant la même forme de la fonction

$$I = K d^n,$$

quelle valeur fallait-il donner à l'exposant du diamètre pour faire concorder les résultats expérimentaux avec le cal cul ?

Voici les chiffres obtenus :

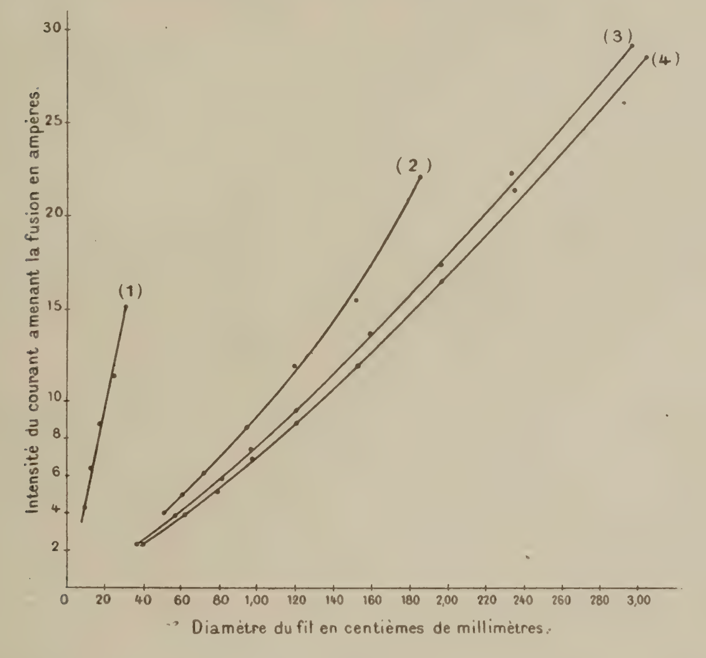
Plomb....................................	1,22
Alliage *a*....................................	1,19
Alliage *b*....................................	1,18
Cuivre....................................	1 environ

» Si l'on réduit la longueur des fils à 50 diamètres, par exemple, ces exposants, pour les alliages, diminuent encore, l'intensité de fusion devenant presque proportionnelle au diamètre ; mais on ne peut donner aucun chiffre qui ne se rapporterait pas à des bornes déterminées.

Fig. 7.

Variation de l'intensité du courant amenant la fusion avec le diamètre des fils.

Longueur uniforme : 100 diamètres.



1. Fils de cuivre.
2. Fils de plomb.
3. Fils d'alliage fusible *a*
4. Fils d'alliage fusible *b*.

» Le coefficient K, intensité amenant la fusion d'un fil de 1mm de diamètre, a été trouvé :

Pour le plomb....................................	9,5
Pour l'alliage *a*....................................	7,8
Pour l'alliage *b*....................................	7,2

» Le calcul a permis de fixer ce coefficient pour le cuivre à 50 environ.

» Tels sont les premiers résultats obtenus; j'espère pouvoir les compléter bientôt par une nouvelle série d'expériences. »

M. le Président. — « La Communication que M. Janet a bien voulu nous présenter au nom de M. Laporte est d'une grande importance. Nous sommes heureux de voir le Laboratoire engagé dans une voie qui sera certainement féconde en renseignements pratiques. »

SUR LE RHÉOGRAPHE A INDUCTION ABRAHAM-CARPENTIER ET LES DIFFÉRENTES MÉTHODES D'ENREGISTREMENT DES COURBES DE COURANTS ALTERNATIFS.

M. H. Abraham. — « Messieurs : L'objet primitif de cette Communication ne devait être que la présentation du rhéographe à induction que j'espère faire fonctionner devant vous tout à l'heure. Mais le Bureau de la Société m'a demandé d'en prendre prétexte pour rappeler devant vous les principales méthodes qui ont été proposées pour obtenir la forme des courbes de courants : c'est donc cette question que j'aborderai tout d'abord.

» Nous séparerons les méthodes électro-optiques et électrochimiques des méthodes plus purement électriques; toutefois, et pour n'avoir plus à y revenir, je commencerai par dire quelques mots des procédés proposés pour effectuer une

» **Analyse harmonique des courants.** — Étant donné qu'une fonction périodique peut se mettre sous la forme d'une série de Fourier

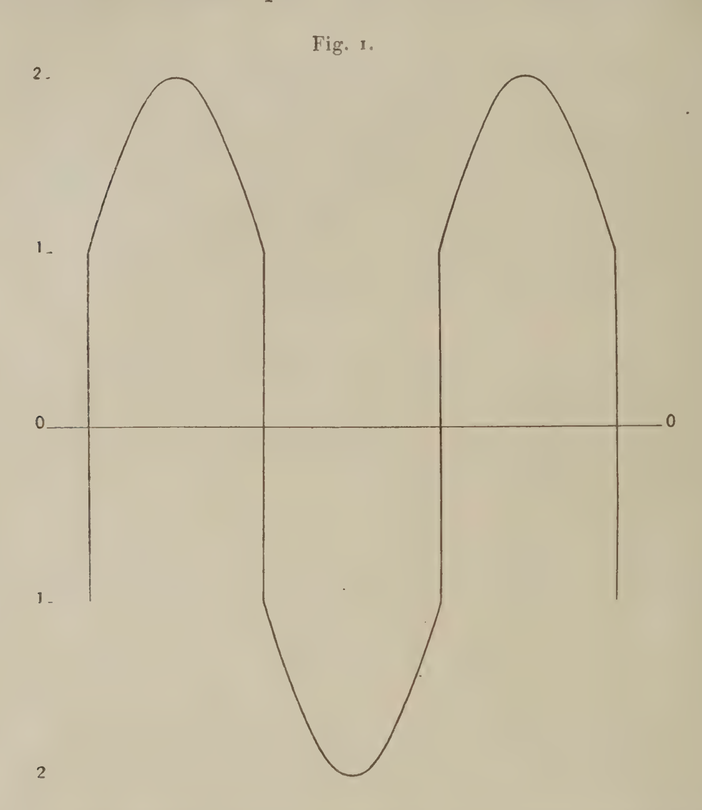
$$\sum a_n \cos\left(\frac{2n\pi t}{T} + \varphi_n\right),$$

le problème à résoudre consisterait à mettre successivement en évidence les coefficients a_n de la série, *et aussi les écarts de phase* φ_n.

» Comme l'a fait Pupin, et aussi M. Claude (voir *Index bibliographique*, n° 34), on peut s'adresser, dans ce but, aux phénomènes de résonance. On actionne un appareil ayant une période de vibrations propres, avec peu d'amortissement. Ce pourrait être une lame vibrante (*Index*, n° 14); mais M. Pupin a préféré prendre un circuit inductif contenant une capacité réglable, aux bornes de laquelle on mesure à l'électromètre la force électromotrice efficace. La *résonance* n'a lieu que si la période propre du circuit correspond à l'un des *harmoniques*, $a_n \cos\left(\frac{2n\pi t}{T} + \varphi_n\right)$, de la vibration fondamentale $\cos \frac{2\pi t}{T}$. On arrive, par ce procédé, à reconnaître l'*existence* des harmoniques et, jusqu'à un certain point, leurs intensités a_n. Mais la méthode me semble systématiquement impuissante en ce

qui concerne les phases φ_n. Or on n'aura qu'un renseignement très vague sur la forme du courant si l'on connaît l'amplitude des sinusoïdes composantes sans avoir en même temps la mise en place de ces éléments. Il suffit, pour s'en assurer, d'examiner les *fig.* 1

Fig. 1.



et 2, qui représentent les deux courbes, d'ailleurs purement théoriques,

$$y = \left(1 + \frac{4}{\pi}\right) \sin x + \frac{4}{3\pi} \sin 3x + \frac{4}{5\pi} \sin 5x + \ldots,$$

$$y = \left(1 + \frac{4}{\pi}\right) \sin x + \frac{4}{3\pi} \sin (3x + \pi) + \frac{4}{5\pi} \sin (5x + \pi) + \ldots,$$

qui ont même période et les mêmes harmoniques à des phases différentes (¹).

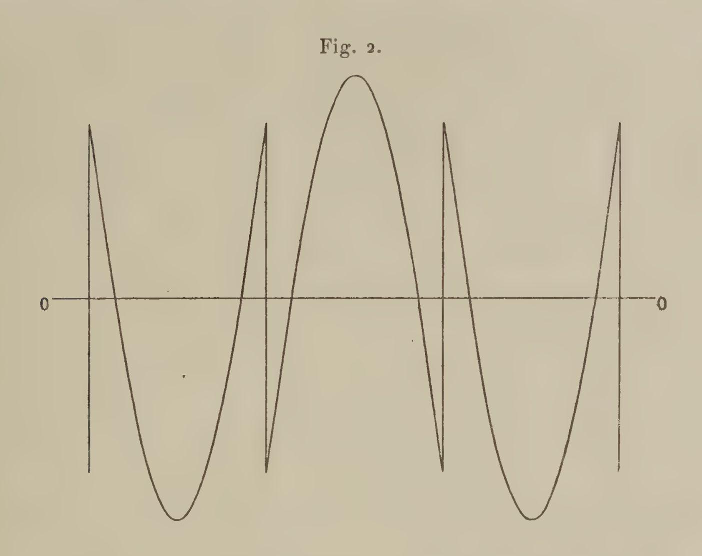
(¹) Je constitue ces séries en partant de l'expression classique

$$\frac{4}{\pi} \sin x + \frac{4}{3\pi} \sin 3x + \frac{4}{5\pi} \sin 5x + \ldots,$$

qui vaut $+1$ ou -1 selon que $\sin x$ est positif ou négatif.

» Il n'est pourtant pas impossible d'avoir à la fois les amplitudes et les phases, comme l'a montré M. Blondel (*Index*, n° 29). L'organe indispensable serait un alternateur auxiliaire dont on isochroniserait successivement la période avec les différents harmoniques

Fig. 2.



du courant principal. La phase du courant auxiliaire serait connue en même temps que sa période par la comparaison stroboscopique des mouvements des alternateurs. Les deux circuits d'un électrodynamomètre recevraient le courant principal et le courant auxiliaire, et l'on pourrait déterminer ainsi à la fois l'amplitude et la phase des harmoniques.

» Toutefois, ce procédé n'a pas été employé par M. Blondel : sa réalisation présente des difficultés considérables.

» Je ne crois donc pas que l'analyse harmonique des courants puisse rendre actuellement de bien réels services.

MÉTHODES ÉLECTRO-OPTIQUES.

» Les méthodes électro-optiques ont, sur toute autre méthode, la supériorité réelle de n'employer comme organe indicateur qu'un rayon lumineux. Les appareils peuvent donc être d'une fidélité absolue et n'introduire aucun retard entre l'action électrique et l'effet optique ; voyons donc ce qui a été fait dans cette voie.

» Je ne signalerai que pour mémoire les expériences simplement

curieuses de M. Ferd. Braun (*Index*, n° 47), qui utilise la *déviation des rayons cathodiques par un champ magnétique*, procédé proposé d'ailleurs en France trois années auparavant par M. Hess.

» Les deux *phénomènes de Kerr :*

» 1° Double réfraction des liquides (CS^2) dans le champ électrostatique;

» 2° Rotation du plan de polarisation d'un rayon qui se réfléchit sur un miroir aimanté

pourraient servir, le premier à l'étude des variations de force électromotrice des courants à haut potentiel, le second à l'étude de l'aimantation des noyaux de fer doux; mais ni l'un ni l'autre de ces phénomènes n'a encore été employé.

» Il n'en est pas de même de la

» **Polarisation rotatoire magnétique.** — Le principe est celui-ci : lorsqu'un rayon lumineux polarisé traverse un champ magnétique, le plan de polarisation tourne d'un angle qui dépend de la couleur de la lumière et de la nature du milieu matériel, mais qui est proportionnel *à la variation du potentiel magnétique le long du rayon*. La sensibilité du phénomène, sans être excessive, est suffisante, puisque la rotation est de l'ordre du degré pour une chute de potentiel magnétique de quelques centaines d'ampère-tours quand on emploie, comme corps actif, une solution aqueuse saturée d'iodure de mercure dans l'iodure de sodium. Cette polarisation rotatoire magnétique est employée depuis longtemps pour la mesure des champs magnétiques intenses. M. d'Arsonval (*Index*, n° 4) a cherché à l'utiliser pour déterminer la forme des courbes de courants alternatifs. Elle a été proposée de nouveau par M. Créhore (*Index*, n° 39). Elle a enfin été mise en œuvre par M. Pionchon (*Index*, n° 40) dans les conditions suivantes :

» Le tube où se trouve le liquide actif, placé entre un polarisateur et un analyseur, est entouré d'un solénoïde que traverse le courant alternatif. A l'aide d'un diapason dont les deux branches portent des diaphragmes à fentes parallèles, on éclaire stroboscopiquement l'appareil avec une période T' peu différente de la période T du courant, et l'on voit se dérouler lentement le phénomène. On note sur un chronographe les instants où la rotation atteint succes-

sivement des angles fixés à l'avance, et l'on se trouve avoir défini la courbe du courant.

» Ce dispositif me semble présenter deux inconvénients qu'il n'est pas impossible d'éviter :

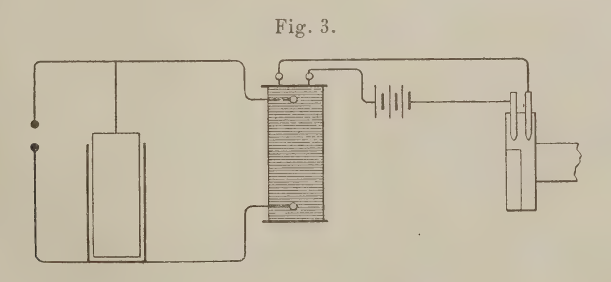
» 1° Le diapason à fente donne des éclairs de durée relativement longue devant la période du courant, et l'on n'aurait pas, je crois, les détails de la courbe ;

» 2° La nécessité de *mesurer* la rotation exige l'emploi d'une source de lumière monochromatique qu'il sera, par conséquent, difficile d'avoir un peu intense, et la position du plan de polarisation sera difficile à déterminer.

» Mais ce ne sont pas des défauts essentiels à la méthode, et je suis redevable à M. H. Buisson, attaché au Laboratoire de Physique de l'École Normale, d'avoir bien voulu mettre au point une modification du dispositif de M. Pionchon destinée à éliminer ces inconvénients (*Index*, n° 50).

» En premier lieu, les éclairs instantanés sont fournis par des étincelles d'induction. L'arbre de l'alternateur étudié porte une bague échancrée qui peut interrompre un courant continu auxiliaire et actionner ainsi une bobine de Ruhmkorff. Tant qu'on ne déplacera pas les balais frottant sur la bague échancrée, ce sera à la même phase de la période que la bobine d'induction donnera une étincelle, renforcée par la bouteille de Leyde figurée dans le schéma ci-joint (*fig.* 3). C'est d'ailleurs en déplaçant les balais frotteurs autour de l'axe du moteur que l'on pourra déterminer la courbe du courant.

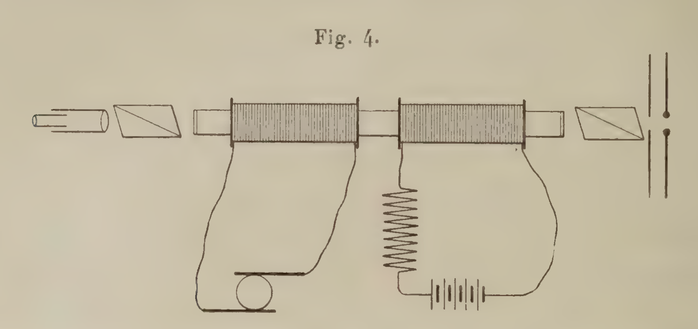
Fig. 3.



» En second lieu, pour n'avoir pas à *mesurer* la rotation du plan de polarisation, on la *compense* et l'on peut alors opérer en lumière blanche. A cet effet, un courant continu convenablement réglé circule dans une bobine auxiliaire entourant aussi la colonne de liquide

actif (*fig.* 4). Si la bobine des courants alternatifs a le même nombre de tours que celle des courants continus, lorsque l'état primitif de polarisation est rétabli, c'est que l'intensité du courant

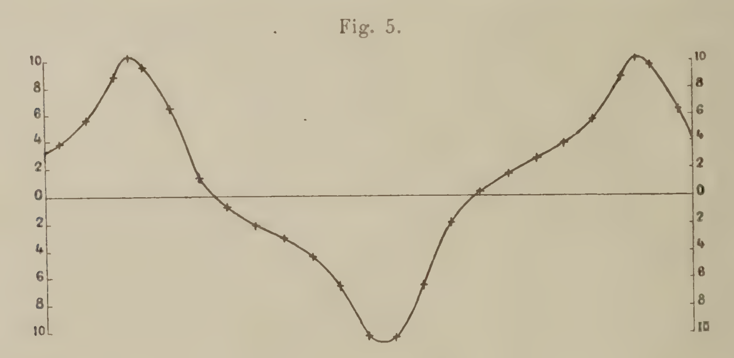
Fig. 4.



continu est juste égale à celle qu'a le courant alternatif à l'instant exact où éclate l'étincelle disruptive.

» Afin de montrer la fidélité de la méthode, M. Buisson a relevé la courbe que vous voyez (*fig.* 5) où les points représentatifs des

Fig. 5.



expériences se placent d'une manière très satisfaisante sur une ligne bien régulière.

» **Méthode électrochimique.** — C'est notre confrère, M. Janet, qui a appliqué à l'enregistrement des courbes de courants alternatifs le principe bien connu du télégraphe électrochimique. On dispose, sur un cylindre enregistreur métallique, une feuille de papier imbibée de la solution de ferrocyanure de potassium et d'azotate d'ammonium, et, sur ce papier, un style en fer ou en acier. Le cylindre communique à l'un des pôles, le style à l'autre. Si, dans ces conditions, on fait tourner le cylindre, on obtient une trace discontinue de bleu de Prusse correspondant aux instants où le style est positif.

En interposant entre le style et le circuit une force électromotrice constante, valant successivement 1, 2, 3, ... volts, le relevé de l'inscription fait connaître pendant combien de temps le potentiel du style est supérieur à 1 volt, à 2 volts, etc. En employant simultanément toute une série de styles, M. Janet a pu obtenir des tracés dont le contour fait connaître la courbe même du courant. Au surplus, Messieurs, ces expériences ont fait l'objet, de la part de M. Janet, d'une Communication à la Société qui se trouve insérée dans notre *Bulletin* de 1895 (*Index*, n° 33).

MÉTHODES ÉLECTRIQUES.

» **Méthode des contacts périodiques dite « méthode de Joubert ».** — Assurément, ce n'est point M. Joubert qui a employé pour la première fois des connexions électriques, périodiquement établies et interrompues pour l'étude des phénomènes périodiques. Sans parler des anciennes recherches d'Edlund, Masson et Breguet en ont tiré le parti que l'on sait pour l'établissement des lois de l'induction (*Index*, n° 1); plus tard, cette méthode a servi à démontrer expérimentalement l'existence des décharges oscillantes (*Index*, n° 2).

» Mais c'est à M. Joubert que l'on doit d'avoir appliqué cette méthode à la machine d'induction à courants alternatifs et d'avoir ainsi posé les bases de la théorie de ces machines (*Index*, n° 3).

» Sur l'arbre de l'alternateur on place un anneau échancré qui frotte contre des balais qui peuvent se fixer suivant différentes inclinaisons. A chaque période, cet interrupteur tournant actionnera un instrument indicateur à oscillations lentes, et, par la répétition périodique des impulsions, cet indicateur prendra une position de quasi-équilibre qui indiquera l'état électrique des appareils à l'instant même de la rupture. Si nous déplacions alors autour de l'axe les balais du commutateur, nous déterminerions point par point la forme de notre courbe.

» Précisons maintenant les appareils dont nous aurions à nous servir.

» A. — A l'exemple de M. Joubert, nous pouvons prendre un électromètre bien isolé, qui sera mis en circuit pendant un temps très court à chaque période, et nous construirons la courbe de force

électromotrice de la machine. Une bonne précaution à prendre sera de réunir les pôles de l'électromètre à ceux d'une capacité (microfarad), en raison des déperditions à craindre. Pendant l'intervalle des deux contacts, la forte charge accumulée dans le condensateur alimentera la petite déperdition sans diminution sensible du potentiel.

» B. — On utilise si l'on veut le galvanomètre, lesté par une résistance non inductive et mis, pendant un temps très court, en dérivation sur la machine.

» M. Joubert s'est effectivement servi du galvanomètre, non pas exactement de cette manière, mais dans de meilleures conditions, comme instrument indicateur de zéro, en opposant une force électromotrice convenable et connue à la force électromotrice instantanée à mesurer.

» C. — On a pu également allier un condensateur et un galvanomètre balistique. On chargeait le condensateur, pour ainsi dire, *à refus*, en le maintenant longtemps en communication avec le commutateur tournant pour le décharger ensuite brusquement dans le balistique. Quelquefois aussi, on a employé un commutateur un peu plus complexe qui s'occupait, à chaque tour, de charger le condensateur au potentiel instantané à mesurer et de le décharger immédiatement après dans le circuit du balistique.

» D. — M. Louis Duncan (*Index*, n° 21) a apporté une modification assez heureuse à ces méthodes. Il voulait étudier un transformateur et obtenir simultanément les quatre courbes de force électromotrice et d'intensité des deux circuits : il a institué le *dispositif des quatre électrodynamomètres*. Les bobines fixes de chacun de ces instruments sont indépendantes et reçoivent constamment le courant alternatif correspondant. Mais les quatre bobines mobiles, de très petites dimensions, sont montées en série dans un circuit contenant l'interrupteur tournant et une force électromotrice bien constante. Un même courant continu est alors envoyé, pendant un temps très court, dans les quatre bobines mobiles, et les indications des instruments mesurent les valeurs moyennes de leurs courants alternatifs pendant le temps très court que dure le courant continu.

» E. — M. A. Blondel (*Index*, n° 18) et, à la même époque, M. Janet (*Index*, n° 19) ont, enfin, indiqué un artifice expérimental

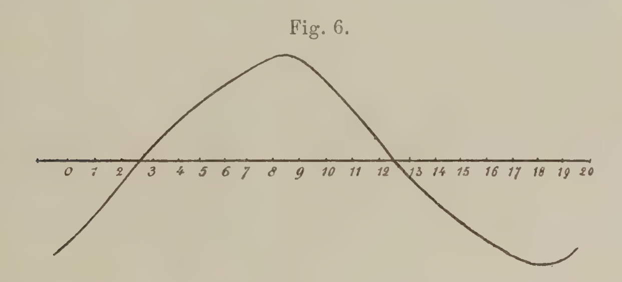
pour rendre la méthode plus automatique et, par conséquent, plus rapide (1) :

» Jusqu'ici nous avons admis que, pour chaque angle de calage des balais, la déviation de l'instrument indicateur était lue et notée pour être reportée ensuite sur un diagramme. Au lieu de cela, M. Blondel, par exemple, a eu l'idée de faire mouvoir les balais du commutateur par un mécanisme d'horlogerie, qui commande en même temps la rotation du cylindre d'un enregistreur, sur lequel s'inscrit la déviation de l'appareil indicateur : la courbe s'inscrit d'elle-même en fonction de l'angle de calage des balais. Avec ce dispositif ingénieux, on a pu ne consacrer que cinq minutes à l'enregistrement d'une courbe complète.

» Voici maintenant, Messieurs, quelques-uns des résultats qu'a fournis la méthode féconde du contact périodique.

» Voici d'abord (*fig.* 6) la première courbe ainsi déterminée,

Fig. 6.

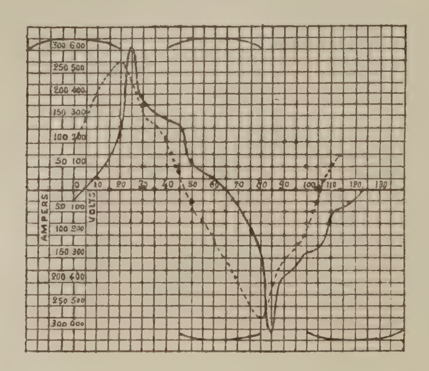


celle que M. Joubert a trouvée pour l'intensité de courant d'une machine Siemens en 1880 (*Index,* n° 3). On n'a peut-être pas assez dit que M. Joubert avait vu bien des particularités remarquables de la machine à courants alternatifs : que si le courant était à peu près sinusoïdal et en différence de phase avec la force électromotrice; la courbe n'était pourtant pas exactement une sinusoïde, mais que la déformation était due, en grande partie, à ce que la machine actionnait des lampes à arc (bougies Jablochkoff); que ces lampes à arc *s'éteignaient* instantanément lors du changement de signe du courant....

(1) Je ne ferai que signaler l'idée originale de faire porter le commutateur tournant par un *moteur asynchrone* et d'utiliser le *glissement* du moteur pour obtenir le changement de phase (*Index,* n° 48).

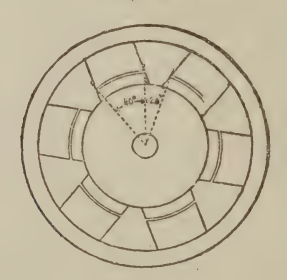
» Toutes les machines, Messieurs, ne donnent pas des courbes aussi régulières, et voici (*fig.* 7) une série de mesures faites par

Fig. 7.



M. Lewis (*Index*, n° 17), sur une machine à arrachement, inducteurs et induits saillants, les *pleins* et les *creux* inégaux (schéma *fig.* 8). Sur le diagramme, l'auteur a figuré la courbe de force électromotrice (trait plein), celle des intensités (trait interrompu), et la position des pièces polaires par rapport au milieu des saillies de l'armature.

Fig. 8.



» Permettez-moi d'observer, Messieurs, qu'il serait plus que grossièrement inexact de considérer ces deux courbes comme de pures sinusoïdes. Il est donc clair que tout calcul basé sur la forme sinusoïdale des courbes risque d'être en désaccord formel avec les faits; qu'il s'agisse des conditions d'isolement (transformateurs, câbles souterrains), de rendement (transformateurs, machines), ou même de fonctionnement (machines à flux tournants, condensateurs).

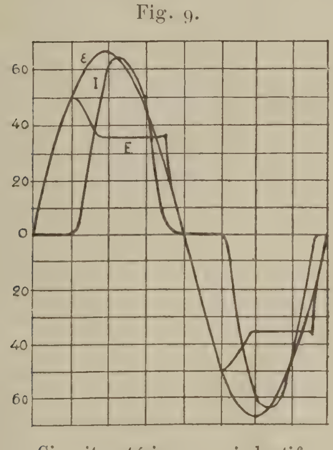
» Il est non moins clair, alors, que les techniciens ne peuvent se

dispenser de connaître *la courbe* des courants alternatifs qu'ils emploient : ce ne sont pas les méthodes qui manquent.

» On trouvera, à la fin de ce Travail, l'*Index bibliographique* des recherches faites dans cette voie ; mais je me reprocherais de ne pas y signaler particulièrement les expériences de notre confrère M. Blondel sur l'arc à courants alternatifs (*Index*, n° 28).

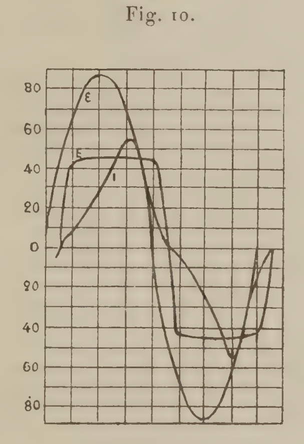
» Je mets devant vos yeux deux figures extraites du Mémoire de M. Blondel (*fig*. 9 et 10). Vous voyez, Messieurs, la forme remar-

Fig. 9.



Circuit extérieur non inductif.

Fig. 10.



Circuit extérieur inductif.

quable de la force électromotrice aux bornes de l'arc et l'influence de la nature du circuit extérieur ([1]).

» **Discussion.** — **a**. Dans le dispositif si séduisant des quatre électrodynamomètres, il y a toujours à craindre une imperfection du contact tournant, car la déviation est proportionnelle à la durée réelle de passage du courant continu, et cette durée est bien courte; il faut que le contact soit absolument parfait.

» **b**. Si l'on emploie les charges électrostatiques (électromètre ou bien condensateur et balistique), les ennuis viendront de l'isolement imparfait et irrégulier des appareils, ou bien de l'excessive

---

([1]) Dans ces figures, les courbes ε sont celles de la force électromotrice de la machine, les courbes E sont prises aux bornes de l'arc (sans régulateur), et les courbes I donnent l'intensité (force électromotrice aux extrémités d'une résistance non inductive).

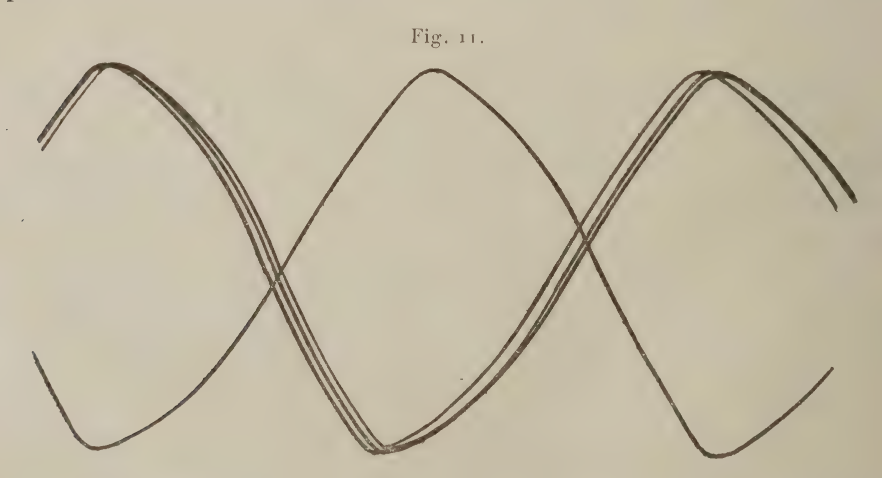
durée des expériences si l'on tient à charger longuement le condensateur pour le décharger à loisir dans le balistique.

» c. J'ajouterai que je crois indispensable de placer le commutateur tournant sur l'alternateur lui-même, et non sur un moteur dit *synchrone* actionné par lui. Outre que ce moteur troublerait le régime en absorbant de l'énergie, il est certain qu'il sera constamment en avance ou en retard sur le courant alternatif : tout au plus aura-t-il sensiblement la même période moyenne.

» d. Enfin, et c'est la seule objection réellement grave, il est indispensable que les mesures durent longtemps : il y a même là une nécessité théorique. Les raisons en sont nombreuses : 1° il faut que l'instrument indicateur ait des oscillations propres très lentes devant les variations du courant pour qu'il ne vibre pas sensiblement et prenne une position d'équilibre apparent; 2° mais, entre le relevé de deux points consécutifs de la courbe, il faut attendre que les oscillations propres de l'appareil soient amorties; 3° enfin, chaque position d'équilibre doit être maintenue un certain temps pour prendre une moyenne dans les variations à période relativement longue que causent, par exemple, les coups de piston du moteur.

» Dans ces conditions, il est permis d'affirmer qu'il n'est pas possible de maintenir exactement constant le régime du moteur et que la méthode fournira bien l'allure générale de la courbe sans pouvoir en donner les détails.

Fig. 11.



» On se rangera sans doute à l'opinion que je viens d'exprimer en examinant ces courbes (*fig.* 11). Elles représentent quatre fois de

suite le tracé rhéographique d'un certain courant. Ces quatre tracés ont été obtenus sur la même plaque à quelques secondes d'intervalle. Il se trouve que trois d'entre eux se sont placés tout près l'un de l'autre : on s'assurera aisément qu'ils ne correspondent rigoureusement ni à la même intensité, ni à la même période.

» En résumé : La méthode du contact périodique donne des résultats très sûrs, mais seulement des résultats *moyens* à cause de la durée des expériences.

MÉTHODES RHÉOGRAPHIQUES.

» L'idéal, Messieurs, serait d'avoir un instrument qui, à chaque instant, enregistrerait, exactement et sans aucun retard, la valeur du courant étudié.

» On peut dire que la question est absolument résolue pour les courants à variations très lentes. Il suffit d'envoyer le courant dans un galvanomètre.

» Sans parler des expériences bien connues de notre Président, M. le Dr d'Arsonval, sur le courant de décharge des raies torpilles (¹) (*Index,* n° 20), on pourrait citer celles de notre Confrère, M. Arnoux, où le galvanomètre employé recevait *deux courants* en vue d'une ingénieuse compensation (*Index,* n° 6); ou encore l'étude du champ inducteur des machines à courants alternatifs faite par M. Éric Gérard, en inscrivant le déplacement d'un galvanomètre très sensible dans lequel il envoie le courant de la machine tournant avec une lenteur extrême (*Index,* n° 10).

» Mais ces mesures sont toutes relatives, je le répète, à des variations *lentes* et là n'est pas l'intérêt : il faut enregistrer les variations rapides. Peut-on encore se contenter d'envoyer le courant dans un galvanomètre approprié ?

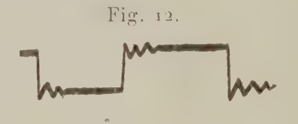
» Dans cet ordre d'idées, nous trouvons d'abord (1885) les expériences de Colley, qui observe les décharges oscillantes des condensateurs au moyen d'un galvanomètre à équipage très mobile, mais qui ne paraît pas s'être spécialement préoccupé du but que

(¹) Un galvanomètre à cadre mobile sensible et amorti actionnait la capsule manométrique d'un enregistreur Marey.

nous avons en vue (*Index*, n° 5). Puis viennent des essais nombreux. En 1887-1888, Frœlich en Allemagne, et Elihu Thomson en Amérique, arrivent tous deux très près d'une solution satisfaisante en employant comme galvanomètre un simple téléphone dont la membrane porte un miroir (*Index*, n°s 7 et 8). Il importe peu de savoir que Frœlich faisait réfléchir le rayon lumineux sur un miroir tournant auxiliaire, tandis que Elihu Thomson effectuait la décomposition optique de la courbe en faisant pivoter lentement l'appareil tout entier. Mais il est intéressant de signaler que, dans l'un et l'autre de ces appareils, on commence à se rapprocher, sans trop les avoir examinées, des conditions de bon fonctionnement que M. Blondel va préciser quelques mois plus tard.

» On voit surtout Frœlich se préoccuper de faire s'amortir rapidement les oscillations propres de la membrane téléphonique qui festonnent les courbes de courant. Il essaye, dans ce but, différentes membranes, mais c'est encore la membrane ordinaire en fer qui donne les meilleurs résultats. Voyez, par exemple, les deux courbes (*fig.* 12) données par Frœlich : elles représentent des

Fig. 12.



inversions périodiques d'un courant continu et devraient être en forme de ; au lieu de cela, l'une des membranes (vessie de porc supportant une lamelle de fer), a des oscillations propres intolérables; l'autre (membrane ordinaire de téléphone) a encore des oscillations sensibles. Ces vibrations propres seraient très gênantes, si on les conservait : regardez cette courbe (*fig.* 13), obtenue par M. Blondel avec un oscillographe systématiquement non amorti. Il n'y a pas à hésiter, un amortissement convenable est nécessaire.

» Du reste, la théorie correcte a été donnée par M. Blondel (*Index*,

n[os] 25, 26 et 27). Nous pourrons la résumer en quelques lignes. L'équation du mouvement du galvanomètre enregistreur est de la forme

$$K\frac{d^2\theta}{dt^2} + A\frac{d\theta}{dt} + C\theta = GI,$$

où figurent la force d'inertie $K\frac{d^2\theta}{dt^2}$, la force d'amortissement $A\frac{d\theta}{dt}$, la force directrice $C\theta$ et la force motrice GI proportionnelle à l'in-

Fig. 13.

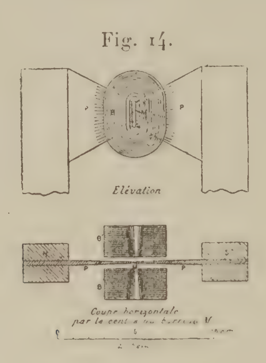


tensité I du courant à mesurer. On voudrait que θ fût exactement proportionnel à I : il faut donc que les termes $K\frac{d^2\theta}{dt^2}$ et $A\frac{d\theta}{dt}$ soient très faibles devant le terme $C\theta$. Que $K\frac{d^2\theta}{dt^2}$ soit négligeable devant $C\theta$, cela veut dire que les oscillations propres du galvanomètre doivent être infiniment *plus rapides* que celles du courant. Que $A\frac{d\theta}{dt}$ soit négligeable devant $C\theta$, cela veut dire que l'amortissement doit être peu intense en ce qui concerne les oscillations lentes. Mais, pour peu intense qu'il soit, cet amortissement doit encore être suffisamment énergique pour étouffer en un temps très court les oscillations propres du galvanomètre qui menacent de réapparaître à chaque discontinuité du courant.

» **L'oscillographe de M. A. Blondel.** — Tels sont les principes qu'a posés M. Blondel. Il a été amené de la sorte à réaliser l'appareil auquel il a donné le nom d'*oscillographe* (*fig.* 14). C'est un galvanomètre à aimant. L'équipage mobile M est une lamelle de fer mobile autour de son grand axe. Le champ directeur, très intense, est fourni par l'électro-aimant NS à pièces polaires cisaillées PP. On aura donc une oscillation très rapide. Quant à l'amortissement, on l'obtient en noyant la lamelle M dans un liquide suffisamment visqueux.

» Tout ce dispositif est remarquablement conçu; et M. Blondel a bien voulu me dire récemment qu'il avait apporté à ses premiers dispositifs d'intéressants perfectionnements dont il se propose d'entretenir prochainement la Société.

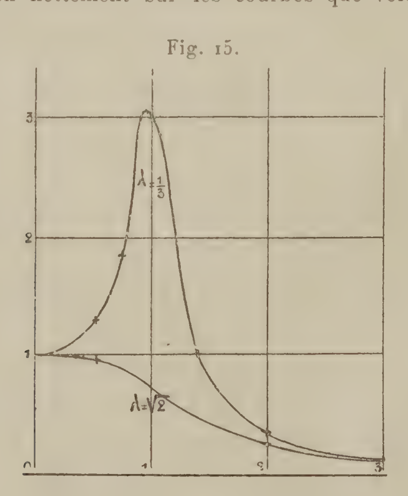
Fig. 14.



» Je n'ai pas eu entre les mains d'oscillographe de M. Blondel, mais je sais que la rapidité des oscillations peut atteindre 1000 ou 2000 vibrations doubles par seconde ou même davantage; le seul point délicat paraît être le réglage de l'amortissement : s'il est trop faible, il y aura résonance et amplification de l'amplitude pour les vibrations ayant même période que le galvanomètre; si l'amortissement, au contraire, est trop fort, les vibrations rapides seront absolument éteintes [1].

[1] Ceci se voit bien nettement sur les courbes que voici (*fig.* 15). Ces deux

Fig. 15.



courbes représentent, pour deux degrés d'amortissement différents, l'amplitude de

» Il me reste encore à vous entretenir, Messieurs, de mes propres recherches sur l'enregistrement des courbes de courant, recherches qui n'ont pu être poursuivies que grâce au précieux concours que notre confrère M. Carpentier a bien voulu me prêter en se chargeant de la réalisation pratique des appareils.

» Mais tout d'abord je dirai par quelle voie nous avons été amenés à nous occuper de cette question.

» Il y a maintenant plus de deux années, au commencement de 1895, j'étudiais au miroir tournant l'étincelle disruptive produite par un transformateur à haut voltage pourvu de condensateur, et j'observais que l'étincelle en question était formée *d'une série de décharges toutes de même sens pendant la durée d'une demi-période de l'alternateur*. Je n'ai point la prétention d'avoir découvert ce phénomène, car il avait déjà été observé plus ou moins nettement par plusieurs expérimentateurs et, tout récemment encore, notre Président, M. le Dr d'Arsonval, nous en entretenait sommairement ici même.

» Quoi qu'il en soit, voici une photographie que je pris à cette époque et qui, malgré sa complexité apparente, est singulièrement démonstrative (*fig.* 16). La plaque sensible descendait d'un mouvement vertical presque uniforme pendant qu'on y projetait l'image réelle de l'étincelle au moyen d'un miroir concave placé sur un galvanomètre à cadre mobile actionné indirectement par le courant alternatif. On y voit deux séries d'images. Elles ont été obtenues avec des capacités dans le rapport de 1 à 4 : leurs écartements sont bien dans le même rapport. Les étincelles devraient

---

l'oscillation pendulaire forcée θ que prend un système ayant une période d'oscillation propre sous l'influence d'une force synchronisante à période x fois plus courte.

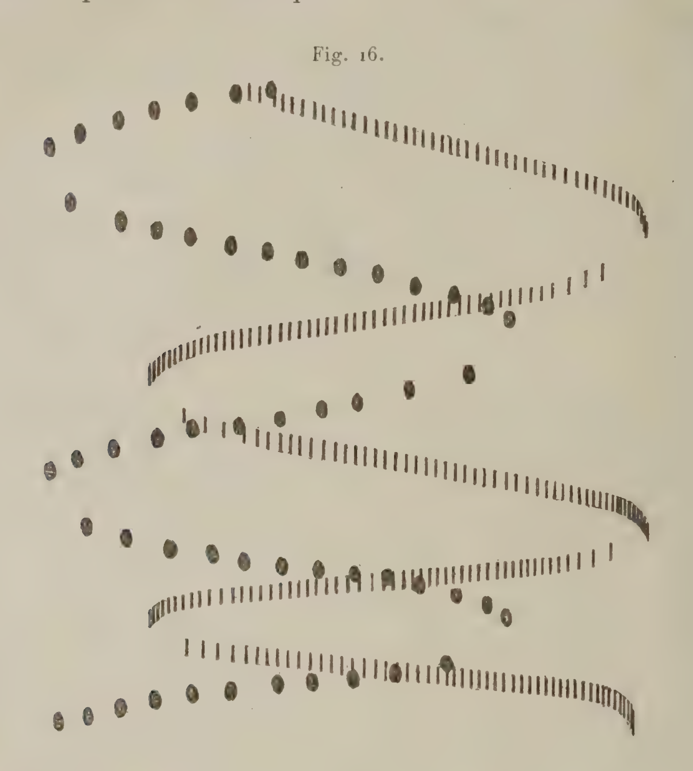
En d'autres termes, partant de l'équation

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \lambda\frac{d\theta}{dt} + \theta = \sin xt,$$

on considère la solution périodique en θ qui correspond à chaque valeur de x et l'on en porte l'amplitude en ordonnées, tandis qu'on porte x en abscisses. La résonance ou amplification des ordonnées se produit au voisinage de $x = 1$ (là où serait la période propre si le degré d'amortissement λ était nul), mais il n'y a résonance que si le degré d'amortissement est inférieur à $\lambda = \sqrt{2}$; par exemple pour $\lambda = \frac{1}{3}$, comme dans la courbe figurée; au contraire, pour un degré d'amortissement supérieur à $\lambda = \sqrt{2}$, la courbe descend constamment et il y a extinction des vibrations rapides.

suivre dans le temps une répartition sommairement sinusoïdale : l'équidistance de leurs images, jointe à la nature sommairement pendulaire de l'oscillation du miroir, démontre suffisamment l'exactitude de cette prévision théorique.

Fig. 16.



» C'est en cherchant à me rendre un compte exact de la manière dont se comportait le cadre mobile du galvanomètre relativement aux variations du courant que j'ai été conduit à étudier les équations de son mouvement et à établir la théorie que je vais maintenant présenter d'une façon succincte.

» **Théorie du rhéographe.** — Nous envoyons un courant alternatif i dans un galvanomètre qui sera, par exemple, à cadre mobile. L'équation du mouvement de l'organe oscillant sera

$$K\frac{d^2\theta}{dt^2}+A\frac{d\theta}{dt}+C\theta=Gi.$$

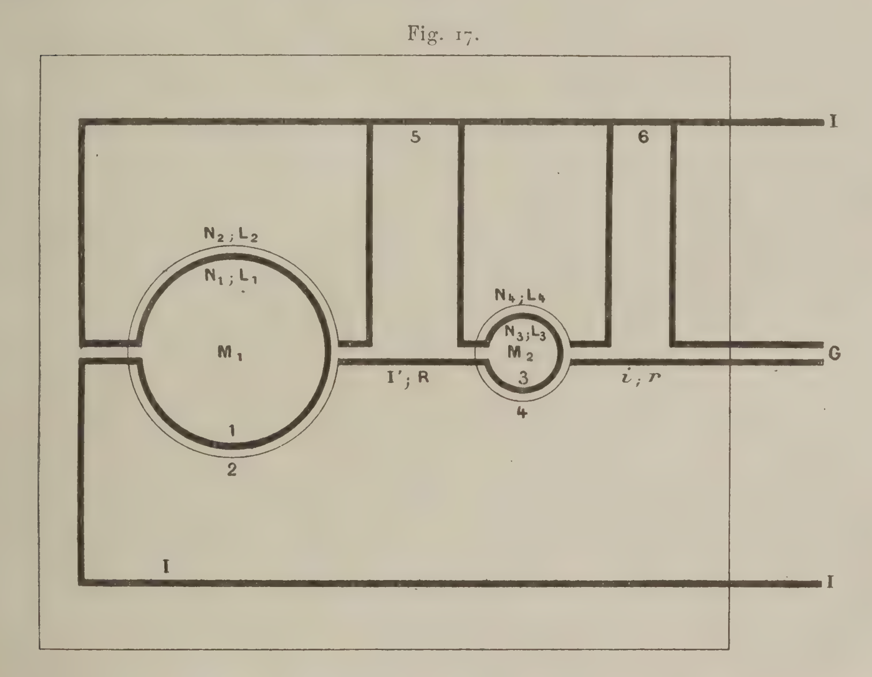
» Pour bien comprendre ce que notre dispositif a de particulier, imaginons pour un instant qu'il n'y ait ni force d'amortissement,

ni force directrice sensible *et que l'inertie du cadre joue le rôle essentiel.* Alors l'équation se réduira à

$$K \frac{d^2\theta}{dt^2} = G i,$$

qui montre que l'intensité actuelle i est proportionnelle non plus à l'élongation θ, mais à la *dérivée seconde* de cette fonction du temps. Pour que ce soit l'élongation elle-même qui intervienne, nous ferons appel à un artifice : le courant i que nous enverrons dans le galvanomètre ne sera pas le courant principal I que l'on étudie, mais un courant qui en représentera la *dérivée seconde.* A cet effet (*fig.* 17), le courant principal (enroulement 1) agit par

Fig. 17.



induction ([1]) sur un circuit auxiliaire (enroulement 2). Le courant induit I′ est alors proportionnel à la dérivée première $\frac{dI}{dt}$ *si les forces électromotrices d'induction propre sont rendues négligeables.* Ce courant auxiliaire I′ agit à son tour (enroulement 3) de la même manière

([1]) On pourrait intercaler des capacités dans les circuits au lieu de les faire agir par induction, mais on risquerait d'introduire des perturbations par suite des polarisations résiduelles. C'est pour éviter un inconvénient de même ordre que les enroulements inductifs doivent être établis loin de toute masse de fer.

sur le circuit qui contient le galvanomètre (enroulement 4), et y induit le courant i qui va donc varier comme $\frac{d^2 I}{dt^2}$.

» Dès lors, l'équation du mouvement sera

$$K \frac{d^2 \theta}{dt^2} = K' \frac{d^2 I}{dt^2},$$

et le problème de la proportionnalité entre θ et I sera résolu ([1]).

» Je le répète, le point important est que nous laissons à l'*inertie* du système une action prépondérante au lieu de chercher à éviter son influence comme on le faisait dans les dispositifs antérieurs.

» Pour nous conformer à cette théorie simpliste, nous avons cherché expérimentalement à rendre presque insensibles les forces d'amortissement et les forces directrices. Nous y étions parvenus, mais l'appareil était d'une extrême fragilité, car il comportait des fils de torsion trop fins. Pour parer à cet inconvénient, nous avons employé le second artifice qui contribue à caractériser le dispositif du rhéographe à induction.

» Puisqu'il ne faut pas compter, pratiquement, sur la disparition complète des forces directrices et des forces d'amortissement, supposons-les seulement assez faibles, et rétablissons-les dans l'équation. Écrivons donc de nouveau

$$K \frac{d^2 \theta}{dt^2} + A \frac{d\theta}{dt} + C\theta = G i. \tag{1}$$

» Il est certain que le problème sera de nouveau résolu et que θ sera à chaque instant proportionnel à la valeur correspondante du courant principal I si nous faisons en sorte que les courants I et i soient liés par une équation de même forme que l'équation (1),

$$K \frac{d^2 I}{dt^2} + A \frac{dI}{dt} + CI = \lambda i. \tag{2}$$

» Or rien n'est plus aisé que de former successivement les trois

---

([1]) L'intégrale particulière que nous adoptons pour l'équation ci-dessus, $\theta = \frac{K'}{K} I$, serait la solution *rigoureuse* du problème si l'équation du mouvement était rigoureusement celle que nous admettons, l'appareil étant supposé partir du repos. Les termes exponentiels qu'il faudrait ajouter à l'expression de θ seraient en effet, dans ce cas, *rigoureusement nuls,* puisque les conditions initiales seraient les mêmes pour θ et I et pour leurs dérivées premières.

termes dont la somme doit être le courant i. Nous savons déjà produire un courant proportionnel à la dérivée seconde $\frac{d^2I}{dt^2}$ (enroulements 1, 2, 3, 4 de la *fig.* 17). Si nous voulons y ajouter un courant variant comme $\frac{dI}{dt}$, nous pouvons nous contenter de laisser subsister une induction mutuelle réglable entre le circuit primitif I (enroulement 1) et le circuit du galvanomètre (enroulement 4). Mais nous pouvons aussi établir une connexion directe et réglable (marquée 5) entre le circuit principal I et le circuit auxiliaire I′, de manière que le courant intermédiaire soit augmenté d'un terme en I; il en résultera que le courant *induit* dans le circuit du galvanomètre contiendra le terme en $\frac{dI}{dt}$, que nous cherchions. Enfin, le terme en I est le plus facile à introduire puisqu'il suffit d'une connexion réglable (marquée 6) entre le circuit du galvanomètre et le circuit principal.

» J'observe immédiatement que cette manière d'*ajouter* les courants suppose négligeables les réactions des dérivations les unes sur les autres, mais c'est précisément le cas où nous nous trouvons puisqu'il ne s'agit, en somme, que de faire une petite correction en introduisant des termes en $\frac{dI}{dt}$ et en I qui ont une valeur numérique extrêmement faible.

» Dans ces conditions, pourvu que les différents termes aient des valeurs convenablement réglées, et moyennant des réserves que nous allons examiner de suite, la déviation θ sera proportionnelle à chaque instant à l'intensité du courant I, et il suffira pour obtenir la courbe du courant de combiner optiquement le mouvement du galvanomètre avec un autre mouvement se faisant dans un sens perpendiculaire, celui d'un miroir tournant, par exemple.

» **Discussion.** — 1° En premier lieu nous avons supposé essentiellement que les phénomènes d'induction propre étaient négligeables. Il faut pour cela que les constantes de temps $\frac{L}{R}$ des enroulements employés soient très petites. On descend aisément au cent-millième de seconde. Néanmoins cette condition tend à limiter la rapidité des indications que l'on peut demander à l'appareil. Je me hâte de dire que l'on rendra ces indications aussi rapides qu'on le voudra

en augmentant la résistance des circuits, ce qu'il sera permis de faire tant que la sensibilité de l'appareil sera jugée suffisante.

» 2° En second lieu, nous ne devons pas oublier que la rotation du cadre dans le champ magnétique y produit une force électromotrice d'induction. Mais cette force électromotrice est proportionnelle à la vitesse angulaire du cadre; le terme qui en résulte sera donc proportionnel à $\frac{d\theta}{dt}\cdot$ Je n'ai pas à m'en préoccuper; il se joint au terme de même espèce de l'équation (1), et c'est la somme de ces deux termes qui correspond au terme en $\frac{dI}{dt}$ de l'équation (2).

» 3° Voyons enfin le rôle de la *résonance*. Reprenons nos deux équations; la première, que nous considérons comme rigoureuse,

$$K\frac{d^2\theta}{dt^2}+A\frac{d\theta}{dt}+C\theta=Gi, \tag{1}$$

et la seconde

$$K\frac{d^2I}{dt^2}+A\frac{dI}{dt}+CI=\lambda i. \tag{2}$$

qui comporte, nous le savons, certaines approximations.

» Si le galvanomètre oscillait librement ($i=0$) la déviation θ serait une fonction du temps qui annulerait identiquement le premier membre de l'équation (1). A un moment donné, supposons que, pour un certain temps, le courant I devienne une fonction du temps identique à celle dont nous venons de parler. La déviation θ ne continuera alors à représenter exactement I que si le courant i est rigoureusement nul. S'il n'en est pas ainsi, et quelque petit que soit i, il y aura *résonance* et la fonction θ sera altérée.

» Or i ne saurait être exactement nul, pour cette double raison que, d'une part, les valeurs relatives des termes de l'équation (2) ne seront pas *parfaitement* réglées et que, d'autre part, nous avons négligé l'induction propre des circuits, qui est faible, mais non pas nulle.

» Il est donc de toute nécessité que les oscillations propres du cadre mobile ne soient pas du même ordre de rapidité que les variations du courant à enregistrer. Nous nous trouvons précisément, et à dessein, dans ces circonstances favorables, puisque, dans notre équation, les termes en $\frac{d\theta}{dt}$ et en θ sont faibles devant le terme en

$\frac{d^2\theta}{dt^2}$, c'est-à-dire que l'amortissement est faible et que *les oscillations propres de l'appareil sont beaucoup plus lentes que celles du courant.*

» Nous ferons remarquer encore une fois que les termes en $\frac{dI}{dt}$ et en I seront relativement très faibles. Leur réglage devra assurément être fait, mais il pourra être assez sommaire. On pourra ne pas y apporter un soin extrême; et c'est, en définitive, grâce à cette circonstance que l'appareil que nous présentons à la Société peut rendre de réels services : il n'eût pas été *pratique* s'il avait nécessité un réglage délicat et rigoureux.

» 4° Nous sommes maintenant en mesure de rechercher assez exactement les conditions dans lesquelles il faudra construire l'appareil pour arriver à la sensibilité maxima.

» Désignons par M_1 et M_2 nos deux coefficients d'induction mutuelle (*fig.* 17); par L_1, L_2, L_3, L_4 et l les coefficients d'induction propre des quatre enroulements inducteurs et induits, et de la bobine suspendue du galvanomètre; enfin, par R et r les résistances des circuits.

» En considérant les termes en I et $\frac{dI}{dt}$ $\left(\text{ou en } \theta \text{ et } \frac{d\theta}{dt}\right)$ comme absolument négligeables, en négligeant aussi tout phénomène d'induction propre, on peut écrire immédiatement

$$i = \frac{M_1 M_2}{Rr} \frac{d^2 I}{dt^2}$$

avec

$$G i = K \frac{d^2\theta}{dt^2},$$

ce qui donne

$$\theta = I \frac{G}{K} \frac{M_1 M_2}{Rr}.$$

» Or les résistances R et r ont une valeur minima imposée par la condition que les constantes de temps soient au plus égales à une certaine limite α. On fera donc

$$R = \frac{1}{\alpha'}(L_2 + L_3),$$

$$r = \frac{1}{\alpha''}(L_4 + l),$$

α' et α'' étant considérés comme donnés; et la sensibilité de l'appareil dépendra de l'expression

$$\frac{\theta}{I} = \alpha' \alpha'' \frac{G}{K} \frac{M_1 M_2}{(L_2 + L_3)(L_4 + l)}.$$

» Pour un galvanomètre donné, G, K, l sont constants, mais les coefficients d'induction dépendent des enroulements inductifs 1, 2, 3, 4 (*fig.* 17). Si les bobines 1, 2, qui agissent l'une sur l'autre, sont très rapprochées (enroulements superposés) et s'il en est de même des bobines 3, 4, les coefficients d'induction ont pour expression, en fonction des nombres de tours,

$$M_1 = \mu_1 N_1 N_2, \qquad L_1 = \mu_1 N_1^2,$$
$$M_2 = \mu_2 N_3 N_4, \qquad L_2 = \mu_1 N_2^2,$$
$$L_3 = \mu_2 N_3^2,$$
$$L_4 = \mu_2 N_4^2.$$

» En introduisant ces valeurs dans la formule que nous venons d'établir pour la sensibilité, un calcul tout à fait élémentaire nous montre que le maximum de sensibilité est obtenu quand on a

$$L_2 = L_3 = L_4 = l.$$

» Cette sensibilité est alors

$$\frac{\theta}{I} = \alpha' \alpha'' \frac{G}{K} \sqrt{\frac{L_1}{l}},$$

condition et résultat qui sont d'ailleurs *indépendants* de la configuration géométrique des enroulements 1 à 4 (*fig.* 17).

» D'un autre côté, le *défaut* de la méthode consiste dans le retard apporté aux indications de l'appareil, et ce retard est mesuré par la somme des constantes de temps $\alpha' + \alpha''$. A retard constant, la sensibilité, qui dépend du produit $\alpha'\alpha''$, est visiblement maxima, *lorsque ces deux constantes ont une même valeur* ([1]). Nous la désignerons par α.

» Ceci dit, comment doit-on choisir le galvanomètre?

([1]) L'égalité des coefficients d'induction et celle des constantes de temps entraîne l'égalité de résistance

$$R = r.$$

» Si S est la surface totale de la bobine suspendue et $\mathcal{H}$ le champ magnétique, la valeur de G est $\mathcal{H}$S, et l'on a

$$\frac{\theta}{I} = \frac{\mathcal{H}\alpha^2}{4}\frac{S}{K}\sqrt{\frac{L_1}{l}}.$$

» Pour que la sensibilité soit grande, on voit immédiatement qu'il faut choisir un champ magnétique $\mathcal{H}$ très intense.

» On devra aussi réduire le moment d'inertie K, c'est-à-dire faire l'équipage suspendu aussi mobile que possible. Il n'y aura plus intérêt à l'alléger quand le moment d'inertie du fil qui le constitue sera devenu voisin de celui des accessoires qu'il porte, miroir et pièces d'attache du fil de torsion, organes accessoires qu'on devra prendre aussi très petits. On obtient des images très bonnes et se prêtant même à la projection lumineuse, en se servant d'un miroir sphérique de moins d'un demi-centimètre carré de surface.

» Ceci nous montre que nous pouvons considérer le dénominateur K comme fixé. La sensibilité ne dépend plus alors que de l'expression

$$\frac{S}{\sqrt{l}}.$$

» Elle est d'autant plus grande que la bobine est plus allongée, elle cesse d'augmenter sensiblement dès que la bobine est *plus longue dans le sens du fil de suspension* que dans le sens perpendiculaire. Mais elle est indépendante du mode d'enroulement de la bobine (nombre de tours) dans son volume supposé donné d'avance [1]. Nous avons adopté, dans nos appareils, des bobines suspendues formées d'*un petit nombre* de tours de fil (cinquante tours), à la fois pour faciliter la construction et pour ne pas laisser trop d'importance au terme d'amortissement qui en dépend.

» **Enregistrement des forces électromotrices.** — Deux solutions se présentent dont la première apparaît comme plus correcte; c'est néanmoins la seconde que nous avons adoptée, parce qu'elle est plus simple.

---

[1] On sait que la section de l'enroulement par un plan perpendiculaire au fil de suspension doit être formée de deux cercles égaux et tangents, si l'on veut avoir l'appareil le plus sensible.

» Si la force électromotrice étudiée, E, est appliquée à un circuit contenant une forte résistance ρ, presque dépourvue d'induction propre, le courant I qu'elle engendre n'est pas éloigné d'être proportionnel à E; mais ces deux quantités sont en réalité liées par l'équation

$$\rho I + L\frac{dI}{dt} = E.$$

» C'est ce courant I qui actionnera les circuits du rhéographe. Il produira une déviation θ et l'on voudrait que θ fût à chaque instant proportionnel non plus à I, mais à E.

» La première solution sera celle-ci : En se reportant à l'équation (1) de la théorie du rhéographe, on voit que le courant i doit alors être lié au courant I par une équation contenant, comme précédemment, des termes en I, $\frac{dI}{dt}$ et $\frac{d^2I}{dt^2}$ et, *en outre*, un terme en $\frac{d^3I}{dt^3}$ qu'on introduirait tout aussi aisément, par trois inductions successives. Ici encore, il est vrai, c'est la dérivée seconde qui aurait le plus d'importance, mais il n'y en aurait pas moins trois autres termes, c'est-à-dire trois réglages à faire, une complication trop grande et des risques d'erreur.

» Aussi ai-je préféré m'en tenir à la seconde solution, théoriquement moins parfaite, mais qui conduit à des résultats suffisamment corrects pour la plupart des applications.

» Je me contente de calculer les circuits de manière qu'il n'y ait pas d'erreur plus grave à négliger l'induction propre du circuit principal qu'à négliger les inductions propres des deux autres circuits du dispositif, approximation que nous avons faite dès le début. Il faut évidemment résoudre ce petit problème de maximum :

» *Quels devront être les enroulements pour que, avec une erreur donnée à l'avance* (la somme des constantes de temps des trois circuits), *la sensibilité de l'appareil soit aussi grande que possible ?*

» Le calcul (¹) est facile : il faut avoir une même constante de

---

(¹) On dira, par exemple :

Appelons α''' la constante de temps $\frac{L_1}{\rho}$ du circuit principal, de même que nous avons appelé α' et α'' les quantités analogues pour le circuit intermédiaire et pour le

temps $\left(\frac{L}{R}\right)$ pour le circuit du galvanomètre et pour le circuit intermédiaire, cette constante de temps étant *double* de celle qui correspond au circuit principal.

» Il résulte de ces calculs que les courbes obtenues dans l'enregistrement des forces électromotrices sont toujours un peu moins correctes que celles données par l'enregistrement des *intensités*.

» **Réalisation pratique du rhéographe.** — La *première partie*, la plus délicate, c'est le galvanomètre. Rappelons les conditions à remplir.

» Les dimensions géométriques de la bobine mobile doivent être très réduites pour que sa constante de temps $\left(\frac{L}{R}\right)$ soit de l'ordre du cent-millième de seconde et que son inertie soit comparable à celle du miroir qu'elle porte. Le mouvement de rotation de la bobine doit se faire autour d'un axe parfaitement défini; le champ magnétique doit être très intense.

» Pour réaliser ces conditions le mieux possible, nous employons des bobines suspendues qui sont formées d'une cinquantaine de tours de fil fin, et la surface de chaque spire, du reste plus haute que large, est moindre qu'un demi-centimètre carré. On place cette bobine dans le champ d'un électro-aimant dont l'entrefer n'a que tout juste la place de la bobine avec une force magnétique utile s'approchant de dix mille unités C.G.S. Le miroir concave du galvanomètre, fixé directement sur l'une des faces de la bobine mobile qu'il

---

circuit du galvanomètre. L'erreur ε donnée à l'avance est alors

$$\varepsilon = \alpha' + \alpha'' + \alpha'''.$$

Or, en introduisant la quantité $\alpha''' = \frac{L_1}{\rho}$, l'expression déjà obtenue pour la sensibilité

$$\alpha'\alpha'' \frac{G}{K}\sqrt{\frac{L_1}{l}}$$

devient

$$\alpha'\alpha''\sqrt{\alpha'''}\,\frac{G}{K}\sqrt{\frac{\rho}{l}}$$

dont le maximum, pour ε constant, est donné par les égalités

$$\alpha''\sqrt{\alpha'''} = \alpha'\sqrt{\alpha'''} = \frac{\alpha'\alpha''}{2\sqrt{\alpha'''}}$$

qui sont bien les équivalents aux conditions indiquées dans le texte

$$\alpha' = \alpha'' = 2\alpha'''.$$

recouvre complètement, n'a, lui aussi, qu'un demi-centimètre carré de surface.

» Fixée au fil de suspension par des crochets bien symétriques, la bobine mobile a été soigneusement équilibrée pour réduire la tendance fâcheuse aux trépidations irrégulières. Pour se mettre absolument en garde contre ces trépidations, non seulement on prend la précaution élémentaire de tendre fortement le fil de torsion, mais on dispose encore, *derrière* le fil de torsion, et tout près de la bobine, deux coussins isolés sur lesquels le fil peut aisément rouler, mais qui ne lui permettraient que très difficilement des mouvements transversaux de glissement et empêchent absolument les mouvements de bascule d'avant en arrière. On pouvait légitimement espérer que ces précautions suffiraient à assurer la stabilité de l'axe de rotation; l'expérience a, en effet, montré que la rotation de la bobine était absolument régulière, sans que la photographie pût relever la moindre trace de frémissement sur les courbes d'enregistrement, même après les percussions les plus brutales.

» La *seconde partie* de l'appareil ne présente aucune difficulté de construction : elle est formée par les différents circuits que l'on utilise. Tous ces circuits sont rassemblés sur une même planchette (*fig.* 17) où l'on trouve : 1° la bobine plate 1 où circule le courant I; 2° la bobine induite 2 du circuit auxiliaire, enroulée immédiatement autour de 1; 3° enroulés ensemble, l'inducteur 3 relié à l'induit 2 et l'induit 4 qui sera relié au galvanomètre en G.

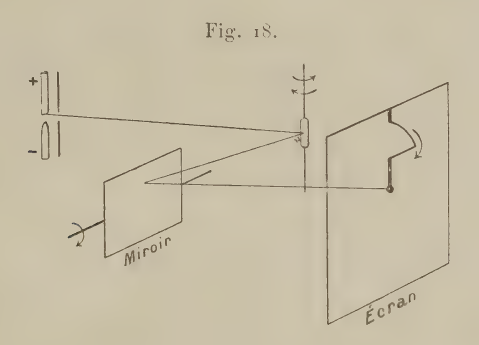
» La double bobine (3, 4) peut être mobile pour le réglage du terme en $\frac{dI}{dt}$, à moins que l'on n'adopte pour faire ce réglage la dérivation à curseur (5) prise sur le circuit I. Enfin, la planchette porte encore la dérivation à curseur (6) nécessaire pour le réglage du terme en I [1].

[1] Données numériques approximatives d'une planchette de compensation pour relever des intensités de courant se mesurant en ampères :

	Enroulements.	Tours.	Diamètre.
			cm
	1	20 à 100	25
Résistance de quelques ohms.	2	12	25
	3	30	5
	4	30	5

» Une *troisième partie* est, enfin, nécessaire, qui n'a rien de particulièrement caractéristique; c'est le dispositif optique servant à l'observation des courbes. S'il s'agit de leur enregistrement photographique, il est nécessaire d'avoir un point lumineux très éclatant : ce sera le cratère très diaphragmé d'un arc électrique. Ce point émet un faisceau horizontal de rayons qui tombent sur le miroir concave du galvanomètre, puis sur un miroir plan vertical auxiliaire qui renvoie une image ponctuelle se former sur le verre dépoli destiné à l'observation directe (*fig.* 18) ou bien sur la plaque photo-

Fig. 18.



graphique. Dans ce dernier cas, l'emploi d'une chambre sans objectif et de trois écrans noirs permet d'opérer en plein jour.

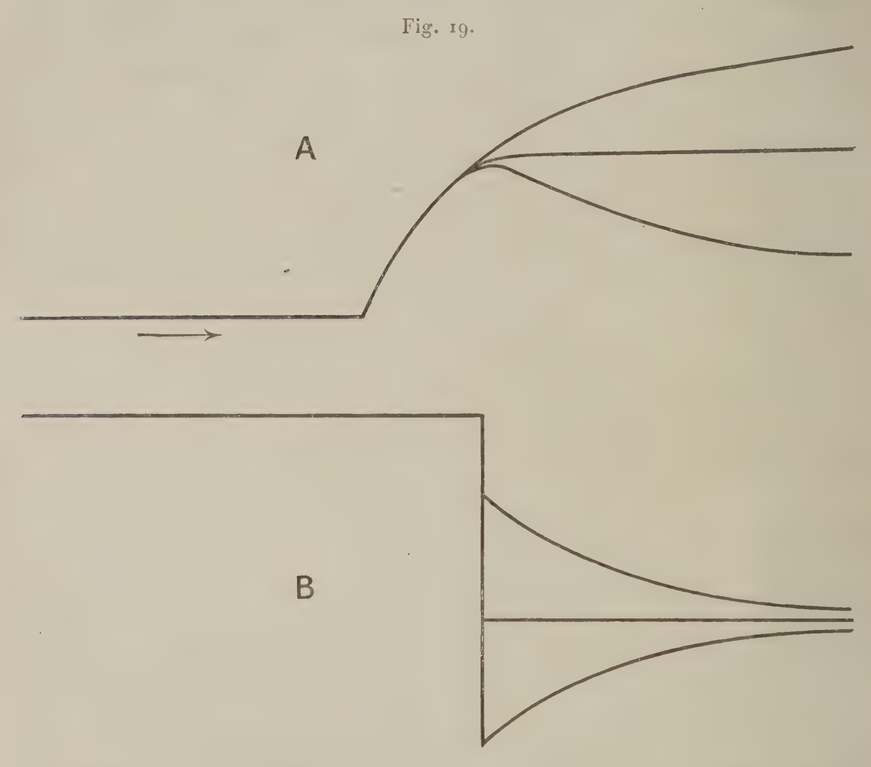
» S'il s'agit d'expériences photographiques de précision, on fait porter le miroir auxiliaire par un pendule, et l'on n'utilise ce miroir qu'au moment où sa vitesse angulaire, étant au voisinage d'un maximum, se trouve pratiquement constante. S'il s'agit, au contraire, de *regarder* les courbes ou de les *montrer* à un auditoire, on donne au miroir plan un mouvement synchronisé avec le phénomène périodique étudié.

» Puisque le miroir auxiliaire tourne autour d'un axe horizontal et que le galvanomètre a son axe de rotation vertical, la combinaison de ces deux mouvements fournit la courbe du courant (¹).

(¹) Un dispositif plus simple, que nous employons également, consiste à faire se balancer le galvanomètre autour d'un axe horizontal passant par le miroir. La combinaison du *mouvement relatif* du cadre mobile avec le *mouvement d'entraînement* de l'ensemble donne au rayon lumineux un *mouvement absolu* qui lui fait décrire directement la courbe cherchée.

» **Réglage du rhéographe.** — Il ne saurait être question d'effectuer ce réglage par un calcul *a priori* [1]. Il faut le faire expérimentalement en se servant de courants dont la forme est connue à l'avance, et cela a l'avantage précieux de donner un contrôle des indications de l'appareil par la comparaison de la courbe théorique

Fig. 19.



A, établissement du courant permanent; le terme en I est trop grand pour la courbe supérieure, puis juste, enfin trop faible. B, rupture du courant avec un terme en $\frac{dI}{dt}$ successivement trop grand, exactement réglé et trop faible.

et de la courbe que l'on arrive à obtenir quand les réglages sont faits avec tout le soin désirable. On choisit comme courbes connues

---

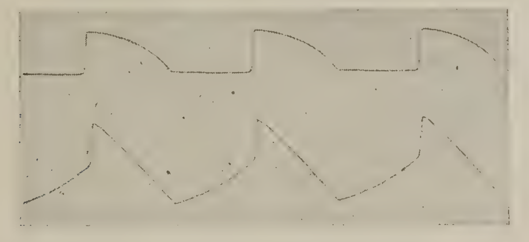
(1) L'expérience et le calcul s'accorderont pour montrer que le réglage du terme en $\frac{dI}{dt}$ dépend de la valeur du champ magnétique du rhéographe. Pour ne pas avoir à modifier le réglage, il faut donc opérer avec un champ magnétique constant, c'est-à-dire en pratique avec le courant maximum que peut supporter l'électro-aimant. Si l'on consentait à recommencer les réglages à chaque expérience, on trouverait, dans la variation de ce champ magnétique, un moyen d'agir sur la sensibilité des appareils.

celle que l'on doit obtenir à l'établissement du courant dans un circuit inductif et celle que doit donner la rupture de ce circuit. La première courbe est le trait moyen de la partie A dans la figure schématique 19; tandis que la seconde courbe doit être évidemment formée de droites perpendiculaires, comme le représente le trait moyen dans la partie B de la même figure.

» L'exactitude du réglage du terme en I est facile à constater; elle correspond à *l'absence de déplacement du zéro* pour l'établissement et la rupture de courant se succédant à raison de plusieurs par seconde.

» On reconnaîtrait aussi une erreur de réglage sur le terme en I aux déformations des courbes d'établissement du courant. Par contre, c'est plutôt sur la courbe de rupture que l'on pourra faire le réglage du terme en $\frac{dI}{dt}$: il y a là quelques tâtonnements méthodiques à faire, comme dans tous les réglages à deux variables. Nous avons donné tout d'abord la représentation schématique des courbes d'établissement et de rupture (*fig.* 19). Voici maintenant un cliché ayant précisément servi au réglage d'un rhéographe (*fig.* 20) :

Fig. 20.

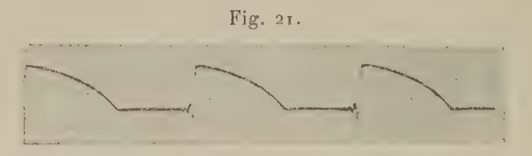


Réglage. — On enregistre le courant qui sert à l'entretien d'un diapason à 100 périodes par seconde. Le terme en I est exactement réglé. Le terme en $\frac{dI}{dt}$, d'abord trop faible, mais extrêmement peu, est ensuite sensiblement trop fort.

» Enfin, Messieurs, j'effectue ce réglage sous vos yeux. Vous voyez, en particulier, que, lors de la rupture du circuit, le point lumineux revient exactement au zéro, et dans un temps très court. Relevé sur les clichés photographiques (*fig.* 20). *Le temps que met l'équipage mobile pour se lancer vers le zéro, pour y arriver et pour s'y arrêter ne dépasse guère le dix-millième de seconde.* Encore faudrait-il en retrancher la durée même de l'étincelle de rupture...

» **Quelques applications de la méthode rhéographique** (¹). — Nous réalisons maintenant une autre expérience intéressante avec un

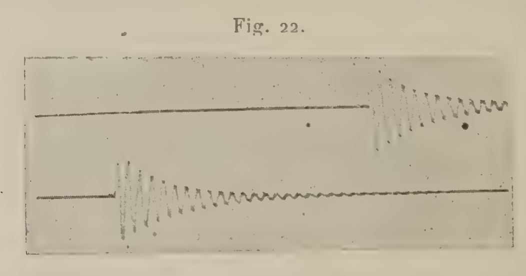
Fig. 21.



Même expérience que pour la *fig.* 20. — Appareil réglé. — Oscillation du courant à la rupture quand on emploie le condensateur de Fizeau.

dispositif peu différent : nous adjoignons une capacité au circuit inductif, et vous voyez le changement produit : à l'instant de la rup-

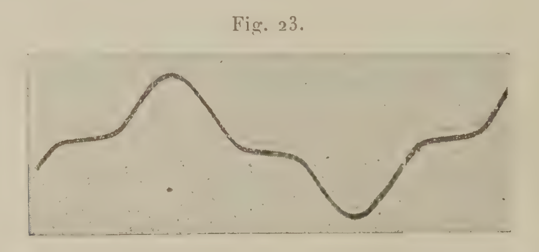
Fig. 22.



Deux fois le courant oscillatoire de la décharge d'un microfarad dans un circuit inductif (période $0^s,0011$). Les oscillations sont provoquées par la suppression brusque du courant dans un circuit voisin. Vérification de la théorie des résonateurs hertziens. L'influence de l'excitateur ne se fait sentir que sur les toutes premières vibrations du résonateur.

ture, un courant oscillatoire se produit, dont nous pouvons suivre longuement les ondulations décroissantes (*fig.* 21 et 22).

Fig. 23.



Déformation d'un courant *sinusoïdal* quand on s'en sert pour aimanter du fer à *saturation* (période $\frac{1}{25}$) (image doublée par une réflexion parasite).

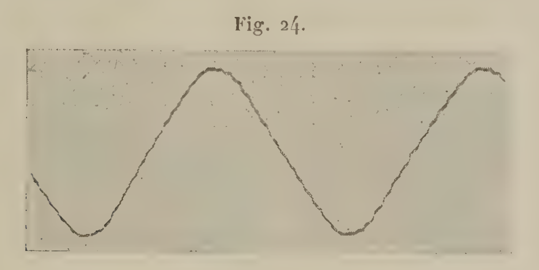
» Ces expériences suffiraient pour démontrer qu'un instrument

---

(¹) Un rhéographe ayant été disposé pour des projections, la plupart des expériences ont pu être répétées en séance, et les courbes correspondantes se traçaient d'elles-mêmes par le mouvement d'un point lumineux sur l'écran.

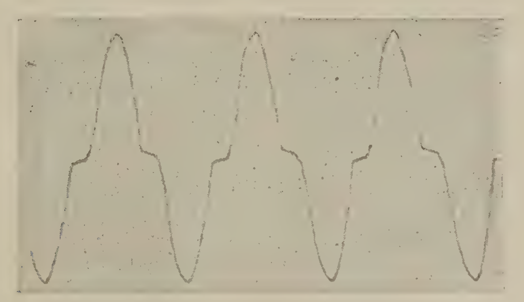
comme le rhéographe peut être utilisé dans des recherches d'ordre purement scientifique; mais il fallait sortir du laboratoire. Je veux

Fig. 24.



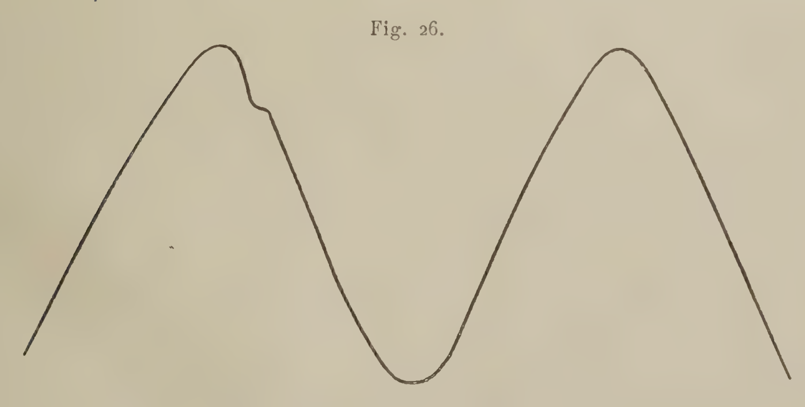
Courant d'une machine Gramme tétrapolaire. — Circuit non inductif. — La machine fournit d'autre part un courant continu : on reconnaît le passage des touches du collecteur sous les balais (période $\frac{1}{60}$).

Fig. 25.



Le courant de la machine Gramme tétrapolaire à 60 périodes actionnant un arc (régulateur à main).

Fig. 26.

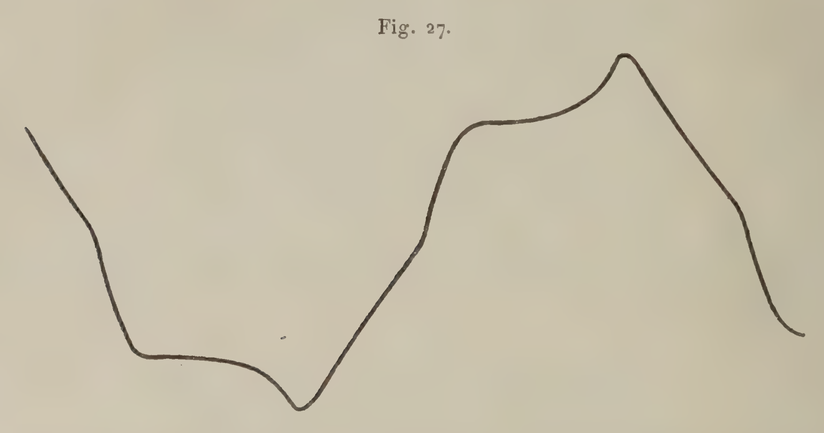


Une singularité accidentelle (même machine que pour la *fig.* 24).

adresser, Messieurs, mes bien cordiaux remercîments à notre excellent vice-président, M. Hillairet, qui, en mettant à ma disposition un atelier de construction de machines, m'a permis de constater

que des expériences de ce genre pouvaient, sans grand embarras, être installées dans une usine, et voici maintenant quelques-unes des courbes que j'ai pu relever ainsi ([1]) (*fig.* 23 à 29).

Fig. 27.



Alternateur Clerq (inducteurs et induits saillants). — Courbe d'intensité dans un circuit non inductif.

Fig. 28.



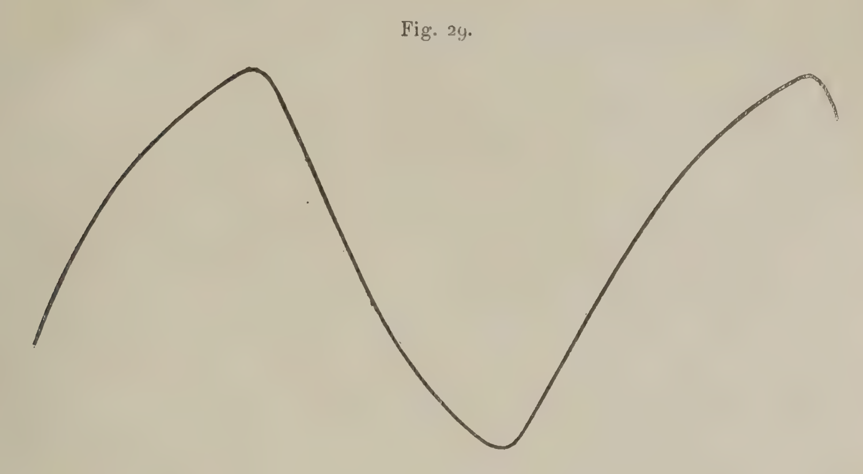
Même alternateur que *fig.* 27. — Intensité dans un four électrique (il n'y a pas de déformation sensible).

» Ces expériences, Messieurs, n'ont pas entre elles le lien serré d'une étude analytique complète; elles n'ont pas davantage pour objet de résoudre des questions d'ordre technique; mais, en termi-

([1]) Les *fig.* 20 à 25 sont la reproduction (échelle $\frac{1}{2}$) de clichés qui ont été retouchés par l'auteur en renforçant seulement au crayon les parties trop délicates que la Photogravure était impuissante à rendre.

nant, je voudrais insister de nouveau sur un point que, tout au

Fig. 29.



Même alternateur que la *fig.* 27 en charge sur un transformateur (la courbe tend vers la sinusoïde).

moins, ces expériences font incontestablement ressortir : c'est que les courbes de courant sont en général très loin d'être assimilables à des sinusoïdes; et que, pour ingénieuses qu'elles puissent être, nos théories ne sont que sommaires et provisoires, qui prennent pour point de départ les expressions sinusoïdales pour les courants alternatifs. »

(*Applaudissements répétés.*)

M. le Président. — « Je remercie bien vivement M. Abraham. Les applaudissements qui se sont fait entendre ont marqué tout l'intérêt que présentent les résultats auxquels il est parvenu, et que la collaboration de M. Carpentier l'a mis à même de reproduire si brillamment. »

La séance est levée à $10^{h}30^{m}$ soir.

M. Abraham nous communique l'index bibliographique suivant :

N° 1. *A. Masson* et *Breguet fils*. — Mémoire sur l'induction (Annales de Chimie et de Physique, t. IV, 3e série, p. 129; 1842).

N° 2. *Mouton*. — Étude expérimentale sur les phénomènes d'induction électrodynamique (Thèse de Doctorat; 1876).

N° 3. *J. Joubert*. — Études sur les machines magnéto-électriques (Annales de l'École Normale supérieure, t. X, p. 131; 1881).

N° 4. *D'Arsonval*. — Les ampèremètres optiques (La Lumière, t. XII, p. 158; 1884).

N° 5. *Colley*. — Nouvelle méthode pour observer les oscillations électriques (Wiedemann's Annalen, t. XXVI, p. 432; 1885, et t. XXVIII, p. 1.

N° 6. *Arnoux*. — Sur une méthode de détermination du flux d'induction qui traverse un système électro-magnétique (Comptes rendus, t. CIV; 1887).

N° 7. *O. Frœhlich*. — 1° Représentation optique du mouvement vibratoire d'une membrane de téléphone; 2° Sur une nouvelle méthode pour la détermination des courbes de vibration (Electrotechnische Zeitschrift, t. X, p. 345; 1889).

N° 8. *Elihu Thomson*. — American institute of Electrical Engineers; 1887. — La Lumière électrique, t. XXVII, p. 339; 1888.

N° 9. *E. Meylan*. — Quelques expériences sur les appels magnétiques à mouvement oscillatoire (La Lumière électrique, t. XXVII, p. 220; 1888).

N° 10. *Eric Gerard*. — Acad. de Belg., 1888. *Voir* aussi le Traité d'Électricité du même auteur.

N° 11. *Ryan* et *Meritt*. — Transformers (Transactions of american Institute Electrical Engineers, t. VII, p. 1; 1889).

N° 12. Divers Mémoires dans le même Recueil, t. VII, p. 311, 324, 328, 334; t. VIII, p. 187, 375.

N° 13. *Duncan Hutchinson* et *Wilks*. — Experiments on induction coils (Electrical World, t. II, p. 160; 1888).

N° 14. *Wien*. — Le téléphone employé optiquement pour la mesure de l'intensité des courants (Wiedemann's Annalen, t. XLII, p. 593; t. XLIV, p. 681; 1891).

N° 15. *M.-E. Nichols*. — Sur l'arc électrique alternatif entre une boule et une pointe (American Journal of Science, t. XLI, p. 1; 1891).

N° 16. *Tobey* et *Walbridge*. — Recherches sur la dynamo Stanley pour arc à courants alternatifs (Trans. american Inst. Electr. Engineers, t. VII, p. 567; 1890).

N° 17. *Warren B. Lewis*. — Courbes produites par des machines à courants alternatifs (Electrical World, 14 novembre 1891).

N° 18. *A. Blondel*. — Sur la détermination des courbes périodiques des courants alternatifs et leur inscription photographique (Lumière électrique, t. XLI, p. 401; 1891).

N° 19. *P. Janet*. — Méthode stroboscopique pour le contact instantané (Société de Physique, 20 mars 1891).

N° 20. *D'Arsonval*. — Sur les effets physiologiques de l'état variable en général et des courants alternatifs en particulier (ce Bulletin, p. 146; 1892).

N° 21. *Louis Duncan.* — On alternating Currents (Trans. amer. Inst. of Electr. Engin., t. IX, p, 179; 1892).

N° 22. *Hopkinson.* — Essai de deux transformateurs Westinghouse de 6500 watts. (*Voir* les analyses dans la Lumière électrique, t. XLV, p. 125; 1892; t. XLVI, p. 38; 1892, et t. XLVIII, p. 384; 1893.)

N° 23. *J.-E. Moore* et *E.-M. Tringley.* — Courbes d'aimantation sous l'influence des courants alternatifs (Electrical World, juin 1892 et février 1893).

N° 24. *Hess.* — Élimination des harmoniques supérieurs dans les courants périodiques et production de courants parfaitement sinusoïdaux (La Lumière électrique, t. XLVIII, p. 501; 1893).

N° 25. *A. Blondel.* — Conditions générales que doivent remplir les instruments enregistreurs ou indicateurs; problème de la synchronisation intégrale (Comptes rendus, t. CXVI, p. 748; 1893).

N° 26. *A. Blondel.* — Oscillographes. Nouveaux appareils pour l'étude des oscillations électriques lentes (Comptes rendus, t. CXVI, p. 502; 1893).

N° 27. *A. Blondel.* — Remarques sur la méthode oscillographique (La Lumière électrique, t. LI, p. 172; 1894).

N° 28. *A. Blondel.* — Recherches sur l'arc à courant alternatif (La Lumière électrique, t. XLIX, p. 441, 501, 557, 608; 1893).

N° 29. *A. Blondel.* — Une nouvelle méthode pour la détermination des courbes périodiques des courants alternatifs (L'Industrie électrique, p. 375; 1893).

N° 30. *Bedel, Miller, Wagner.* — Transformateur Hérisson et condensateur (American Inst. electr. Engin., octobre 1893).

N° 31. *Moler.* — A dynamo indicator or instantaneous curve writing voltmeter (Trans. am. Inst. electr. Engin., t. IX, p. 222; 1893, et Phys. review, p. 214; 1893).

N° 32. *A. Cornu.* — La synchronisation électromagnétique (ce Bulletin, p. 157; 1894).

N° 33. *P. Janet.* — Sur une méthode d'inscription électrochimique des courants alternatifs (Journal de Physique, t. III, p. 455; 1894).

Voir aussi ce Bulletin, p. 6; 1895.

Voir aussi Comptes rendus, t. CXVIII et CXIX; 1894.

N° 34. *J. Pupin.* — Méthode d'analyse des courants alternatifs par la résonance (Am. Inst. electr. Engin., 18 mai 1894).

Voir aussi *G. Claude.* — La Lumière électrique, t. LII, p. 288.

N° 35. *C.-J. Rolleson.* — Méthode phonographique pour l'inscription des courbes de courants alternatifs (Electrical World, 25 août 1894).

N° 36. *Rœssler et Wedding.* — Une Communication en Allemagne (d'après l'Éclairage électrique, t. I, p. 216; 1894).

N° 37. *M.-J. Frith.* — Courbes de force électromotrice et d'intensité d'un alternateur (Proceed. Manchester Phil. Soc., 1893-1894).

N° 38. *E. Kolben.* — Influence de la forme des courbes de courants alternatifs sur le fonctionnement des moteurs (Electrotechnische Zeitschrift, p. 698; 1894).

N° 39. *Crehore.* — Méthode d'inscription des courants (Electrical World, t. XXIII, p. 709; 1894).

N° 40. *J. Pionchon.* — Sur une méthode optique d'étude des courants alternatifs (Comptes rendus, t. CXX, p. 872; 1895).

N° 41. *J.-A. Fleming.* — Détermination de la forme des courants alternatifs dans le cas où l'alternateur n'est pas accessible (Electrician, 15 février 1895).

N° 42. *Barr. Beeton* et *Taylor.* — Synthèses d'ondes de courant (Electrician, 21 juin 1895).

Fleming. — Wave form synthesis.

N° 43. Étude des machines de la station centrale de Chemnitz (L'Éclairage électrique, t. II, p. 263).

N° 44. *Hotchkiss* et *Millis.* — Galvanomètre pour la photographie des courbes de courants alternatifs (Phys. Review, t. III, p. 49 et 351; 1895).

N° 45. *Guilbert.* — Un nouvel alternateur au secteur des Champs-Élysées (L'Éclairage électrique, t. IX, p. 198; 1896).

N° 46. Notes on general electric alternating current machinery (Electrical World, t. XXVII, p. 363; 1896).

N° 47. *Ferd. Braun.* — Ueber ein Verfahren zur Demonstration und zum Studium der zeitlichen Verlaufer variabler Ströme (Wiedemann's Annalen, t. LX, p. 552; 1897).

Voir aussi : *Albert Hess.* — Sur une application des rayons cathodiques à l'étude des champs magnétiques (Comptes rendus, t. CXIX, p. 57; 1894).

N° 48. *Drexler.* — Zeitschrift für Electrotechnik, n° 8; 1896.

N° 49. *Fleming et Petavel.* — An analytical study of the altern. curr. arc (Philos. Magazine, t. XLI, 5e série, p. 315; 1896).

N° 50. *H. Abraham* et *H. Buisson.* — Nouvelle méthode optique d'étude des courants alternatifs (Comptes rendus, t. CXXV, p. 92; 1897).

REVUE DES TRAVAUX ET PUBLICATIONS.

I. Rayons cathodiques. — M. Miclelland, en employant un dispositif analogue à celui de Perrin, a trouvé que les rayons dits *de Lénard*, comme les rayons cathodiques, transportent des charges négatives; il pense que ce fait n'est pas inconciliable avec l'hypothèse que les rayons cathodiques sont constitués par des molécules gazeuses animées de grande vitesse; s'il est difficile d'admettre que les feuilles minces d'or ou d'aluminium qui donnent naissance aux rayons de Lénard soient traversées par ces molécules, rien n'empêche d'admettre que ces lames, chargées négativement, servent à leur tour de cathode et de point de départ à de nouveaux rayons cathodiques, comme l'a suggéré J.-J. Thomson. Il a montré aussi que les rayons cathodiques conduisent une grande partie du courant total qui traverse un tube, même lorsqu'ils ne rencontrent pas l'anode.

(*Royal Society;* 8 avril 1897.)

On ne peut que signaler ici un discours de M. J.-J. Thomson à la *Royal Institution,* sur les rayons cathodiques, reproduit dans *The Electrician* du 21 mai 1897.

II. Hystérésis. — MM. Ebeling et Schmidt ont continué l'étude magnétique des aciers fondus allemands. La perméabilité (μ) est presque la même pour tous, variant de 171 à 175, pour $H = 100$, tandis que la perméabilité maximum varie de 2600 à 1700 (le fer de Suède donne 4000); la force coercitive varie de 1,5 à 2 (0,8 pour le fer de Suède), et la constante η, de Steinmetz, de 0,0017 à 0,0028. Les meilleures tôles examinées avaient des forces coercitives de 1,5 à 1,8, et un coefficient de 0,0015 à 0,0021. La valeur de ce coefficient est déduite de la mesure de l'hystérésis pour des B_m de 17 à 18000. Des mesures faites : 1° sur deux barres; 2° sur trois ellipsoïdes, ont montré que la valeur du coefficient de Steinmetz était loin d'être constante pour un fer donné; on a trouvé, en faisant varier B_m, des valeurs de η différentes de 42 pour 100 pour des aciers doux, et des écarts moins considérables pour l'acier au tungstène; ces écarts suivent d'ailleurs des lois régulières : la loi de Steinmetz ne paraît pas être exacte.

(*Elektrotechnische Zeitschrift;* 13 mai 1897.)

III. Électro-Chimie. — Le Professeur Lewes indique, dans une récente *Cantor* lecture, les consommations suivantes pour la fabrication du carbure de calcium; avec un mélange de 60 pour 100 de chaux et 40 pour 100

de charbon, une opération durant trois heures et demie donne 50^{kg} de carbure impur, dont 81 pour 100, soit 40^{kg}, sont marchands. On consomme 1000 ampères, sous 60 volts; soit 5,25 kilowatts-heure par kilogramme.

IV. Phénomènes d'électrolyse. — M. R. Appleyard a observé que, si l'on fait passer un courant à travers des diaphragmes de papier, cuir ou plâtre, dont les deux côtés sont en contact avec un bain de mercure, il se forme, du côté positif, une pellicule de mercure adhérente au diaphragme; des feuilles d'étain, placées à l'intérieur du diaphragme, sont perforées.

(*Physical Society*; 14 mai 1897.)

V. Transformateurs. — L'anneau d'une machine à courant continu est enveloppé d'une grande épaisseur de fil de fer; les électros sont enlevés, et trois points équidistants de l'anneau sont reliés à trois bagues isolées sur l'arbre; si l'on envoie par ces bagues des courants triphasés, on récolte sur les balais un courant continu, en actionnant l'anneau mobile par un moteur synchrone. M. Woodbridge conseille d'employer un anneau dont le diamètre intérieur serait le quart du diamètre extérieur; le fer laminé comme celui d'une armature Brush, avec fentes radiales ouvrant à l'intérieur; tourner les conducteurs internes à la façon d'un commutateur, les balais seront mobiles à l'intérieur. Si une transformation est nécessaire, les deux enroulements peuvent être faits sur l'anneau.

(*El. World*; 27 mars 1897.)

Un anneau, épais de $2^{cm},5$, de $22^{cm},5$ de diamètre intérieur, et large de 10^{cm}, est enroulé de 40 bobines de fil de $0^{mm},812$ de diamètre, appartenant alternativement au primaire et au secondaire. Les bobines primaires de 100 tours étaient reliées en 4 groupes parallèles de 5 en série; les secondaires de 58 tours étaient tous en parallèles; soit $N_p = 500$, $N_s = 58$, et 2000^{cc} de fer. A chaud les résistances mesurées ont été 2,25, et 0,072 ohms. Avec une bobine exploratrice insérée dans une bobine primaire, ou dans une secondaire, on peut déterminer, à des débits divers, la perte en volts : 1° due à la résistance du secondaire; 2° celle due aux fuites magnétiques (différence des indications des deux bobines); celle-ci est très faible, $1^{volt},6$ seulement à 30 ampères; enfin, on peut calculer la perte due à la résistance du primaire (RI); additionnant ces pertes, ajoutant au voltage observé, on devrait retrouver le voltage à vide, soit 112 volts : on ne trouve que 111,4; on en conclut que l'induction dans le noyau doit baisser quand la charge augmente (on n'indique pas la constance du potentiel primaire, mais seulement la constance de la *vitesse* de l'alternateur, ce qui serait déjà suffisant), ce qui doit tenir à la résistance du primaire, dont l'effet serait double. Sur la baisse du voltage on trouve 49,1 pour 100 due à RI secondaire, 6,5 pour 100 aux fuites, 21,3 pour 100 à la résistance pri-

maire, et 23,9 pour 100 à la baisse de l'induction. M. Bijur ajoute qu'il y a une différence de phase de plus de 90° entre les forces électromotrices primaires et secondaires, et que le primaire avance à mesure que la charge augmente; cela diminue les ampère-tours résultants et produit la diminution de l'induction. Il a fait les mêmes essais sur un transformateur Westinghouse. $R_p = 14,25$ ohms, $R_s = 0,14$, de dix lampes. Il assimile l'hystérésis et les courants de Foucault à une charge constante du secondaire. (*El. World;* 27 mars 1897.)

VI. Traction. — En examinant les comptes de 58 lignes de tramways, M. C.-H. Davis a dressé le Tableau suivant de la consommation, en charbon, rapportée au kilomètre-voiture.

Type du moteur à vapeur.	Nombre.	Maximum.	Minimum.	Moyenne.
		km		
Corliss	9	6,2	2,6	4,1
Corliss à condensation	7	3,9	1,4	2,6
Corliss à condensation et double expansion	7	3,1	1,5	2,2
Machine à grande vitesse	13	6,7	2,1	4,2
Machine à condensation	3	4,6	2,6	3,9
Machine à condensation et double expansion	3	5,4	1,6	3,0

Il fait remarquer que sur un prix de revient moyen de $0^{fr},40$ par voiture-kilomètre, $0^{fr},17$ représentent de la main-d'œuvre sur la voiture, $0^{fr},11$ des dépenses de voie, $0^{fr},075$ de l'entretien, et seulement $0^{fr},045$ le prix de l'énergie; le prix du charbon n'étant que le tiers ou la moitié de celui de l'énergie, l'économie résultant de l'emploi de machines perfectionnées, mais coûteuses, est insignifiante et l'on ferait un meilleur usage du capital de premier établissement, en améliorant la voie ou les voitures.

(*Engineering Magazine.*)

VII. Télégraphie sans fils. — Dans une lecture faite récemment à la *Royal Institution,* M. Preece a donné quelques détails sur le système de télégraphie sans fils de M. Marconi. Le transmetteur est un excitateur de Hertz, sous la forme que lui a donnée Righi : ce sont deux sphères de laiton, de 10^{cm} de diamètre, maintenues à petite distance dans un manchon isolant, qui laisse sortir de chaque côté à l'air la moitié environ de chacune d'elles; le manchon est rempli de vaseline. A l'extérieur, en face de chaque sphère, se trouvent deux petites boules de laiton reliées aux formes du secondaire de la bobine; les ondes produites ont environ 1^{m} de longueur. Le récepteur, semblable au *coherer* de Lodge, est un petit tube de verre de $0^{m},10$ de long, dans lequel pénètrent deux électrodes d'argent dont la distance est d'environ $0^{mm},5$. L'intervalle est rempli d'un mélange de limailles d'argent et de nickel avec une trace de mercure; le tube est vidé à

la pression de 4^{mm} de mercure. Cette poudre est pratiquement un isolant dans les conditions ordinaires; mais, sous l'influence d'oscillations électriques d'une intensité suffisante, elle devient conductrice, comme M. Branly l'a reconnu le premier, et la résistance de l'appareil tombe à 5 ohms; les électrodes sont reliées aux pôles d'une pile locale, dont le circuit possède une inductance appréciable; deux plaques métalliques attachées aux électrodes donnent à ce résonateur une capacité qui doit être réglée pour le mettre d'accord avec le transmetteur. La pile actionne un relai sensible. Ce récepteur resterait conducteur après avoir reçu un signal si M. Marconi n'y avait adjoint un petit trembleur qui frappe sur le tube et ramène les limailles à leur état primitif; c'est le courant de ce trembleur qui est utilisé pour l'impression des signaux Morse. Avec cette disposition, la transmission a pu être faite à travers le détroit de Bristol (14^{km}).

(4 juin 1897.)

ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ.

Les examens de sortie ont eu lieu à l'École supérieure d'Électricité du 25 au 31 juillet. Le Jury, présidé par M. Mascart, Membre de l'Institut, comprenait : MM. Boucherot, Chaumat, Hillairet, P. Janet, L. Poincaré, Sciama; les projets, donnés dans l'année, au nombre de trois, avaient été corrigés par MM. Bochet, Brunswick, Picou, conférenciers à l'École. Sur quarante élèves composant la promotion de cette année, trente-trois se sont présentés aux examens de fin d'étude, et vingt-sept ont obtenu le Diplôme.

Ce sont, par ordre de mérite :

	Note moyenne (de 0 à 20).
MM. Prétot, ancien élève de l'École des Arts et Métiers de Châlons	18
Barbillion, licencié ès Sciences mathématiques et physiques	17,5
Gindre, ancien élève de l'École Polytechnique	17,5
Lecler, ingénieur des Arts et Manufactures	17,5
Azambre, ingénieur des Arts et Manufactures	17
Mariage, ingénieur des Arts et Manufactures	17
Rouquier, ingénieur des Arts et Manufactures	16,5
Abbott	16
Chambrelent, ingénieur des Arts et Manufactures	16
Grivet, ingénieur des Arts et Manufactures	16
Tunis, ingénieur des Arts et Manufactures	16
Emmanuel Legrand, licencié ès Sciences physiques	15,5
Roditi, ingénieur des Arts et Manufactures	15,5
Aubert, ingénieur des Arts et Manufactures	15
Dareste de la Chavanne, ingénieur des Arts et Manufactures	15
Dobkévitch	15
Lemonnier, ingénieur des Arts et Manufactures	15
Mailly, ingénieur des Arts et Manufactures (1895-1896)	15
Mainfroy, ingénieur des Arts et Manufactures	15
Smidovitch	15
Brémond	14,5
Lebaupin	14,5
André Legrand, ancien élève de l'École des Arts et Métiers d'Angers	14,5
Alcaz	14
Besombes, ingénieur des Arts et Manufactures	14
de Chaignon, ingénieur civil des Mines	14
Henry, ingénieur civil des Mines	14

EXPOSITION DE TURIN.

Nous recevons du Comité franco-italien pour la Section française d'Électricité à l'Exposition de Turin les documents suivants :

EXPOSITION GÉNÉRALE ITALIENNE A TURIN,

Avril-octobre 1898.

VIe DIVISION.

EXPOSITION INTERNATIONALE D'ÉLECTRICITÉ.

Une Exposition générale italienne de tous les produits industriels des Arts et des Sciences aura lieu à Turin, en avril-octobre 1898, dans le but de célébrer d'une manière solennelle le cinquantième anniversaire de la proclamation du *Statuto* (Chartre constitutionnelle du royaume d'Italie).

La section spéciale de l'Électricité a été, par exception, déclarée internationale; elle sera donc ouverte aux exposants de tous les pays, qui pourront y concourir dans les Classes suivantes :

I. Matériel d'enseignement.

II. Canalisations.

III. Instruments de mesures électriques et magnétiques.

IV. Télégraphes et téléphones.

V. Transmission de signaux et appareils de sûreté pour les chemins de fer. Éclairage et chauffage des voitures.

VI. Dynamos et moteurs électriques.

VII. Applications mécaniques. Traction électrique.

VIII. Éclairage électrique.

IX. Électrochimie et Électrométallurgie.

X. Applications diverses.

XI. Exposition historique.

Le Comité exécutif et la Commission spéciale, en s'adressant aux industriels de tous les pays, ont l'espoir de réunir à Turin, en 1898, les spécimens des produits les plus importants des usines nationales et étrangères, ainsi que les inventions les plus récentes qui ont trait à l'Électricité.

Le Comité et la Commission se sont proposé de donner à cette Exposition ce cachet d'universalité qui, seul, peut amener à des comparaisons fructueuses, à des progrès scientifiques et industriels.

Le souvenir de l'Exposition de Turin de 1884 doit être de bon augure puisqu'elle a été la première à mettre en évidence la portée pratique des transformateurs et à appeler l'attention des électriciens sur l'importance des distributions indirectes par courants alternatifs, qui jouent un si grand rôle dans l'Électrotechnique moderne.

Les électriciens des différentes nations trouveront en Italie, où les forces hydrauliques abondent et où les entreprises industrielles font de grands progrès, un champ tout préparé pour l'application de leurs produits et de leurs inventions; nous nous adressons donc à eux avec confiance et avec la certitude que leur précieux concours assurera le succès de notre entreprise patriotique et industrielle.

Le Secrétaire : C. Candellero.

Le Président de la Commission d'Électricité : Galileo Ferraris.

Le Président du Comité exécutif : T. Villa.

DIVISION INTERNATIONALE D'ÉLECTRICITE.

DISPOSITIONS RÉGLEMENTAIRES.

Art. 1. — L'Exposition internationale d'Électricité de 1898 s'ouvrira à Turin le 11 avril et sera close le 31 octobre 1898; toutefois, le Comité exécutif aura la faculté d'en proroger l'inauguration et la durée. C'est également le Comité exécutif qui est exclusivement chargé de l'organisation et de la direction de l'Exposition.

Art. 2. — Les exposants étrangers sont assimilés aux nationaux et ils auront les mêmes droits et les mêmes récompenses; celles-ci consisteront en diplômes d'honneur, en médailles d'or, d'argent et de bronze, et en mentions honorables.

Outre ces récompenses et distinctions, il sera décerné, comme en 1884, lors de la précédente exposition internationale, un grand Prix consistant en une somme d'argent.

Un avis ultérieur fera connaître quel est le montant de ce prix et dans quelles conditions il sera décerné.

Art. 3. — Tous ceux qui désireront prendre part à l'Exposition devront transmettre leur demande d'admission (imprimé A) en double exemplaire, en fournissant les indications requises, de manière à faire connaître le produit présenté et l'industrie qui s'y rattache.

Les demandes devront être envoyées avant le 30 juin 1897.

Art. 4. — Pour l'emploi de la force motrice, de l'eau potable et du gaz, le tarif est établi comme il suit :

a. Force motrice :

Jusqu'à 2 chevaux,	2^{fr},00	par jour et par cheval,		
» 4 »	1,80	»	»	
» 5 »	1,60	»	»	
De 5 chevaux en plus,	1,40	»	»	

b. Eau potable : 0^{fr},20 le mètre cube.

c. Gaz : 0^{fr},25 le mètre cube.

Les conduits pour l'eau potable et pour le gaz seront placés aux frais du Comité.

Art. 5. — C'est au Comité exécutif qu'appartient exclusivement :

a. L'acceptation définitive, complète ou partielle, des objets proposés;

b. L'assignation, à chaque exposant, de la place et de la superficie qu'il devra occuper dans l'enceinte de l'Exposition;

c. La liquidation et l'encaissement des sommes dues, d'après les tarifs d'admission et d'emplacement dont il est parlé à l'article suivant.

Art. 6. — Les exposants devront prendre entièrement à leur charge tous les frais de transport des colis (aller et retour), de consigne, d'ouverture et d'emballage, de magasinage des caisses ou de l'outillage; ils auront également à se pourvoir de tables, vitrines (que le Comité louera aux exposants qui en feront la demande), estrades, gradins, etc., décorés convenablement, et à s'occuper de la mise en place des objets dans les galeries de l'Exposition, le Comité ne se chargeant que de préparer l'édifice nécessaire.

L'exposant devra aussi payer un droit d'inscription et une taxe d'occupation, conformément au tarif suivant :

a. Droit d'inscription : 10^{fr}.

b. Taxe d'occupation : cette taxe sera calculée comme il suit :

1° Par mètre carré de superficie horizontale couverte : 10^{fr} pour les dix premiers mètres carrés et 6^{fr} pour les suivants;

2° Par mètre carré de paroi verticale : 10^{fr} pour le premier mètre carré et 5^{fr} pour les suivants;

3° Par mètre linéaire de périmètre bordant les principaux passages : 5^{fr}.

Art. 7. — Les exposants devront transmettre, en même temps que les objets, rendus francs de tous frais dans le local de l'Exposition, le bulletin d'expédition rédigé en quadruple exemplaire.

Le Comité communiquera le résultat des négociations en cours, dans le but d'obtenir des facilités pour les transports par voie ferrée et par eau, pour la douane et pour l'octroi.

Art. 8. — S'il arrivait que les caisses et les colis parvenus au Bureau de réception présentassent des traces d'avaries, le Bureau même ferait immé-

diatement toutes les démarches nécessaires pour en établir l'importance et pour toute autre opération aux termes des lois et règlements.

Art. 9. — Les objets seront admis dans l'enceinte de l'Exposition du 1er au 31 mars 1898, sauf les dispositions particulières, que le Comité se réserve de fixer, pour les marchandises de valeur et pour celles qu'un emballage prolongé pourrait détériorer.

Les machines et les objets exigeant des fondations ou des montages spéciaux devront être consignés avant le 15 janvier 1898.

Art. 10. — Le Comité prendra toutes les dispositions nécessaires pour la garde et conservation des objets exposés; toutefois il n'assume aucune responsabilité à cet égard. Il est entendu que les exposants ont renoncé, quoi qu'il advienne, à toute prétention d'indemnité, soit pour les dommages que pourraient subir les objets exposés, soit pour leur perte ou pour toute autre cause.

Art. 11. — Le Comité exécutif pourvoit à l'assurance, contre les dommages de l'incendie, des constructions de l'Exposition qui sont sa propriété; les exposants devront pourvoir eux-mêmes à l'assurance de leurs produits et de leurs constructions particulières, en en informant le Comité et en lui faisant connaître le nom de la Compagnie d'assurance et la valeur assurée.

Le Comité se réserve d'obtenir, des principales Compagnies, des tarifs de faveur au profit des exposants et de les leur communiquer, en leur laissant pleine liberté de choix.

Art. 12. — Aucune œuvre d'art, aucun produit exposé dans l'enceinte de l'Exposition ne pourra être dessiné, copié et reproduit, de quelque manière que ce soit, sans une autorisation spéciale de l'exposant, munie du visa du Comité exécutif ou de son représentant.

Turin, mars 1897.

Le Président du Comité exécutif,
T. Villa.

Le Comité franco-italien est ainsi composé :

Président : C. Trezza di Musella;
Vice-Présidents : J. Carpentier, E. Harlé;
Membres : Dr Antonelli, Clémançon, Diara, Ducretet, H. Fontaine, Dr Guelpa, Pesce, Picou, Pirani, Postel-Vinay, Sciama, marquis L. Serra, Dr Tommasi.

Le siège du Comité est à la Chambre de Commerce italienne, à Paris, 17, boulevard de la Madeleine.

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

Amérique.

Electrical Engineer.

26/5. — Système K et K de caniveaux souterrains pour tramways. — Échauffement des armatures; *G. Moffat.* — Emploi des accumulateurs; *J. Appleton.*

2/6. — Réparations aux voitures à trolley; *D.-O. Mahony.* — Un court circuit à Niagara Gorge; *O. Dunlap.* — Coût et avantages de l'électricité pour la traction; *J. Henry.* — Emploi des accumulateurs; *J. Appleton.* — Transformateur à courant continu; *C. Thorardson.*

9/6. — Transmission d'énergie à Springfield, Mass. — Isolement et joints du troisième rail; *H. Landis.* — Emploi des accumulateurs; *J. Appleton.* — Méthode pour assurer le fonctionnement des fusibles; *L. Downes* et *W. Woodward.*

16/6. — Augmentations profitables au débit des stations centrales; *A. Wright.* — Utilisation pendant le jour des stations centrales; *T. Martin.* — Progrès de l'éclairage à arc; *E. Thomson.* — Ligne pour la transmission du Niagara; *J. White.* — Rapport du Comité pour l'étalonnage des lampes à incandescence; *L. Bell.*

Electrical World.

10/4. — Éclairage de Norwich; *H. Gunton* et *H. Lomas.* — Ascenseurs. — Réglage de la vitesse des moteurs de tramways; *W. Baxter.*

17/4. — Essais sans instruments des électros d'un moteur; *F. Porter.* — Calcul du bobinage; *G. Hantchett.* — Connexions des génératrices de tramways; *Woodbridge.* — Réglage... (*suite*); *W. Baxter.* — Ascenseurs.

24/4. — Ascenseurs. — Réglage (*suite*); *W. Baxter.*

1/5. — Ascenseurs.

8/5. — Tubes ajustables pour rayons *X*; *A. Swinton.* — Même sujet; *H. Sayen.* — Ascenseurs.

15/5. — Note préliminaire sur un compteur enregistreur; *J. Hering.*

22/5. — Ascenseurs Otis. — Relai téléphonique; *F. Patten.*

29/5. — Ascenseurs. — Relai téléphonique; *F. Patten.*

5/6. — Lampes à haut et bas voltage; *J. Howell.* — Relai téléphonique; *F. Patten.* — Progrès des lampes à arc closes; *L. Marks.* — Canalisations souterraines pour éclairage; *W. Mayer.*

11/6. — Changements de fréquence; *F. Patten.* — Progrès de l'éclairage à arc; *E. Thomson.* — Canalisations (*suite*); *W. Mayer.*

Allemagne.

Elektrotechnische Zeitschrift.

3/6. — Projet de règlement pour les installations au-dessus de 1000 volts. — Deux coups de foudre remarquables; *R. Siemsen.* — Calcul des conducteurs pour courants

polyphasés; *H. Cahen.* — Compensateur pour mesures d'intensité et de tension; *R. Franke.* — Transmetteur rapide à décharge pour câbles sous-marins de Muirhead.

10/6. — Calcul... (*fin*); *H. Cahen.* — Sur la polarisation des récepteurs téléphoniques; *Giltay.* — Nouvelles dispositions de la loi américaine sur les brevets; *Th. Stort.*

17/6. — Calcul de l'excitation des dynamos en charge; *E. Dick.* — Résistances de démarrage; *E. Pochin.* — Téléphonie interurbaine en Angleterre; *J. Gavey.*

24/6. — Moteurs en dérivation pour tramways; *E. Egger.* — Nouveau régulateur automatique pour machines en dérivation; *F. Collischonn.* — Téléphonie... (*suite*); *J. Gavey.*

1/7. — Compteur perfectionné; *H. Aron.* — Téléphonie... (*fin*); *J. Gavey.*

Angleterre.

The Electrician.

4/6. — Réaction d'armature et théorie de la commutation; *C. Hawkins.* — Mesure de l'intensité des courants alternatifs et du décalage; *Lord Rayleigh.* — Transmissions dans les usines; *S. Clirehugh.* — Sur les dynamos, *W. Mordey.*

11/6. — Essais dans le service télégraphique; *E. Young.* — Réaction... (*fin*); *C. Hawkins.* — Problème du petit entrefer; *B. Atkinson.* — Télégraphie sans fils; *W. Preece.* — Nouveau procédé de fabrication de l'aluminium; *Kershaw.* — Aimantation des aiguilles pour galvanomètres astatiques; *W. Pretty.*

18/6. — Théorie électromagnétique; *O. Heaviside.* — Station polyphasée de Buda-Pesth, *F. Jehl.* — Note sur l'influence d'un champ magnétique sur la période des radiations; *O. Lodge.*

25/6. — Chargement mécanique des fours à acier par moteurs électriques; *J. Head.*

Electrical Review.

4/6. — Influence de la température et du temps sur la capacité des diélectriques; *J. Hopkinson* et *E. Wilson.*

11/6. — Potentiomètre à lecture directe d'Elliott. — Influence... (*suite*); *J. Hopkinson* et *E. Wilson.*

18/6. — Distribution d'énergie à Sandycroft. — Influence... (*suite*); *J. Hopkinson* et *E. Wilson.*

25/6. — Compagnie Édison à Chicago. — Influence... (*fin*); *J. Hopkinson* et *E. Wilson.*

Autriche.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

1/6. — Emploi des accumulateurs pour compenser les variations de tension; *G. Illner.* — Systèmes de machines à trois fils; *J. Sachs.*

15/6. — Système Déri pour traction par courants continus et alternatifs. — Nouveau dispositif de chalumeau électrique.

1/7. — Prises de courant pour la traction électrique; *P. Poschenrieder.*

BIBLIOGRAPHIE.

Cours supérieur de Manipulations de Physique, par A. Witz. 2e édition, revue et augmentée. In-8, avec 138 figures. Paris, Gauthier-Villars et fils; 1897.

Les laboratoires de Physique se sont grandement développés en ces dernières années. L'accroissement de leurs ressources a permis d'augmenter le matériel des écoles pratiques et d'élargir le programme de leurs travaux. On a pu mettre entre les mains des élèves certains instruments dont l'usage était réservé jadis à un petit nombre de maîtres. D'autre part, la rencontre des efforts des savants avec les intérêts de l'industrie a introduit dans l'enseignement des méthodes dont on ne s'était point préoccupé jusque-là, surtout en Électricité et Magnétisme.

Aussi est-ce à ce dernier Chapitre que M. A. Witz a fait subir les plus importantes modifications dans cette nouvelle édition, qui comprend cent onze exercices, à l'usage des candidats au certificat d'études supérieures.

Rappelons que chacune de ces manipulations a sa théorie, sa description, son manuel opératoire et ses résultats présentés méthodiquement, et qu'elles sont réparties entre les quatre grandes divisions : Chaleur, Électricité et Magnétisme; Optique physique; Acoustique.

L'aluminium (2e Partie); *alliages, emplois récents*, par Adolphe Minet. 1 vol. Paris, Bernard Tignol.

Dans un Volume antérieurement publié sous ce titre, l'Auteur exposait, avec sa compétence de spécialiste, les procédés de fabrication de l'aluminium et, en particulier, la méthode électrique qui a réduit à 5^fr^ le prix de ce métal.

Le second Volume, qui vient de paraître, complète l'œuvre de M. Minet sur l'aluminium. On y trouve d'abord un exposé général de l'état actuel des applications de l'Électrochimie et des forces naturelles. Puis l'Auteur passe en revue les usages si nombreux et si variés que l'industrie et le commerce peuvent faire de l'aluminium : cartes de visite, horlogerie, ustensiles de campement, vélocipédie, plaques lithographiques, etc.; les applications de ce métal aux constructions navales et à la Chimie. En second lieu, il traite de la production de l'aluminium pur et de ses multiples alliages de densités diverses.

Traité de Radiographie médicale et scientifique, par le Dr Foveau de Courmelles. 1 vol. Paris, O. Doin; 1897.

L'Auteur reproduit dans cet Ouvrage le cours libre qu'il a professé à l'École pratique de la Faculté de Médecine de Paris, en 1896-1897, lequel constitue un ensemble complet des questions ressortissant à la Radiographie : genèse des rayons X; sources d'énergie électrique; bobines Ruhmkorff; généralités sur les radiations, luminescences et écrans; rayons cathodiques; rayons X; machines et tubes à vide; Radioscopie et Ra-

diographie; diagnostics; la Radiographie en Biologie; applications à la Médecine légale; action thérapeutique, etc.

Au sujet de cette publication, qu'illustrent de nombreuses figures, M. le Dr d'Arsonval dit que la découverte de Röntgen est venue montrer une fois de plus combien les sciences dites autrefois *accessoires de la Médecine* deviennent fondamentales; il était donc utile de faire voir aux médecins ce que la Médecine a déjà retiré des rayons X et ce qu'elle est en droit d'en attendre; c'est ce que fait ressortir surabondamment le Livre de M. le Dr Foveau de Courmelles.

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

France.

Comptes rendus des séances du 15e *Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, tenu à Bruxelles en* 1891; 1 vol. in-8. Paris, E. Capiomont et Cie. (*Don de l'Association parisienne de propriétaires d'appareils à vapeur.*)

Cours supérieur de Manipulations de Physique, par M. Aimé Witz; 2e édition, 1 vol. in-8. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1897. (*Don des Éditeurs.*)

Les dynamos, par M. J.-A. Montpellier; 1 vol. gr. in-8°. Paris, Dunod, Vicq et Cie, 1897. (*Don de l'Auteur.*)

Électrométallurgie, voie humide et voie sèche, par M. A. Minet. 1 vol. petit in-8. Paris, Gauthier-Villars et fils et Masson et Cie. (*Don de MM. Gauthier-Villars et fils.*)

Électromoteurs, leurs applications, par M. G. Dumont; 1 vol. petit in-8°. Paris, Gauthier-Villars et fils et G. Masson et Cie. (*Don de MM. Gauthier-Villars et fils.*)

Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme, par MM. E. Mascart et J. Joubert, 2e édition par M. E. Mascart, t. II; 1 vol. in-8. Paris, Masson et Cie et Gauthier-Villars et fils. (*Don de l'Auteur.*)

Projet d'Éphémérides astronomiques et géographiques dans le système décimal, par M. J. de Rey-Pailhade; 1 broch. in-8°. Toulouse, Imprimerie Lagarde et Sebille, 1896. (*Don de l'Auteur.*)

Rhéostats pour l'utilisation médicale des courants de ville, dispositif nouveau et mesures, par M. le Dr Foveau de Courmelles; 1 brochure, 5 pages et 1 planche. (Extrait du *Bulletin de l'Académie Royale de Médecine de Belgique,* mars 1897. Bruxelles, imprimerie Hayez.) (*Don de l'Auteur.*)

Statistique générale de Télégraphie, dressée d'après des documents officiels par le Bureau international des Administrations télégraphiques, année 1895; Berne, imprimerie Gebhart, Rosch et Schatzmann, 1897. (*Don du Bureau international des Administrations télégraphiques.*)

La Traction électrique, par M. C. Tainturier; 1 vol. in-8° écu. Paris, J. Frisch, 1897. (*Don de l'Éditeur.*)

Traité de Radiographie médicale et scientifique, par M. le Dr Foveau de Courmelles; 1 vol. in-8. Paris, O. Doin, 1897. (*Don de l'Éditeur.*)

Étranger.

The synchronograph, par MM. Albert Cushing Créhore et George Owen Squier; 1 brochure in-8. Extrait des *Transactions of the American Institute of Electrical Engineer's,* 1897. (*Don des Auteurs.*)

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

RÈGLEMENTS RELATIFS A LA SÉCURITÉ DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES EN USAGE DANS LES PAYS ÉTRANGERS.

RÈGLEMENTS

RELATIFS A LA

SÉCURITÉ DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

EN USAGE DANS LES PAYS ÉTRANGERS.

Une Commission présidée par notre ancien président, M. Potier, membre de l'Institut, a réuni les Règlements officiels qui ont été publiés à l'étranger pour assurer la sécurité et le bon fonctionnement des installations électriques.

Un Règlement analogue français se trouve actuellement soumis à l'étude d'une Commission d'ingénieurs et d'électriciens nommés par le Ministre des Postes et Télégraphes.

En attendant que ce document officiel ait vu le jour, nous pen-

sons être utiles à nos collègues en publiant les Règlements en vigueur dans les pays étrangers.

ALLEMAGNE.

RÈGLES DE SÉCURITÉ POUR INSTALLATIONS DE COURANTS PUISSANTS

(formulées par l'*Association électrotechnique allemande*).

Les prescriptions de cette partie s'appliquent à toute installation de courants puissants, avec des tensions inférieures à 250 volts entre les deux conducteurs ou un conducteur et la terre, à l'exclusion des réseaux souterrains et des usines électrochimiques.

I. — Salle des machines.

1. Les dynamos, moteurs, transformateurs, qui ne sont pas enfermés dans des boîtes à fermeture hermétique, ne seront employés que dans des locaux où aucune explosion par inflammation de gaz, poussières ou fibres n'est à craindre dans les conditions normales. Ils doivent être installés de manière à ne pas pouvoir provoquer l'inflammation de matières combustibles.

2. Dans les salles d'accumulateurs, l'éclairage doit être produit par des lampes à incandescence. Les salles seront bien ventilées d'une manière permanente. Les éléments seront isolés de leur support et celui-ci du sol, par du verre, de la porcelaine, ou autre substance non hygroscopique.

On prendra des précautions pour qu'un écoulement d'acide ne détériore pas le bâtiment. Pendant la charge, on ne tolérera aucun objet en ignition dans la salle.

3. Les Tableaux de distribution seront en matière incombustible, sinon toutes les pièces où passe le courant seront montées sur des supports isolants et incombustibles.

Les plombs fusibles, interrupteurs et autres appareils dans lesquels ont lieu des ruptures de courant en travail normal seront installés de manière à ne pouvoir provoquer, par leur fonctionnement, l'inflammation de matières combustibles.

II. — Canalisation

4. Les conducteurs de cuivre auront une conductibilité telle que la résistance d'un conducteur de 1^{mmq} de section et de 55^{m} de long, à 15° C., ne dépasse pas 1 ohm.

5. Le Tableau suivant fait connaître l'intensité maximum du courant à employer pour les conducteurs de cuivre.

Section.	Intensité.	Section.	Intensité.
mmq	amp	mmq	amp
0,75	3	35	80
1	4	50	100
1,5	6	70	130
2,5	10	95	160
4	15	120	200
6	20	150	230
10	30	210	300
16	40	300	400
25	60	500	600

La plus petite section admissible en dehors des appareils d'éclairage est de 1^{mmq}, et de $0^{mmq},75$ dans ces appareils.

Si l'on emploie des fils d'autre métal, les sections devront être augmentées en conséquence.

6. Les conducteurs nus doivent être protégés contre toute détérioration et contact accidentel. Ils ne sont autorisés que dans des locaux ne renfermant rien de combustible, à l'extérieur des bâtiments ou dans des salles de machines et d'accumulateurs où ne pénètre que le personnel de service. Exceptionnellement, et s'ils sont revêtus d'un enduit protecteur contre l'oxydation, ils peuvent être employés dans des locaux où séjournent des vapeurs corrosives.

Ces conducteurs seront fixés sur des isolateurs à cloche, à une distance de $0^m,30$ l'un de l'autre au moins, pour des portées de 6^m et au delà, de $0^m,20$ pour les portées de 4^m à 6^m et de $0^m,15$ pour les portées moindres, et en tout cas à $0^m,10$ au moins des murs. Dans les salles d'accumulateurs et entre les accumulateurs et le Tableau, on admettra des poulies isolantes, et ces distances pourront être réduites.

A l'extérieur les fils nus seront au moins à 4^m du sol ; s'ils ne sont pas dans une région protégée par des paratonnerres, ils devront en être munis.

On renverra à la Loi sur les Télégraphes du 6 avril 1892 pour ce qui est relatif à la sécurité des lignes télégraphiques ou téléphoniques.

Les conducteurs nus, qui sont posés sur le sol en raison du service, ne sont pas sujets aux prescriptions ci-dessus.

CONDUCTEURS ISOLÉS SIMPLES.

7. *a*. Les conducteurs, revêtus d'une double enveloppe de matière fibreuse imprégnée d'une matière isolante non cassante, seront posés, partout où il n'y a pas à craindre de vapeurs corrosives, sur des isolateurs à cloche ; toutefois, dans les locaux absolument secs, on pourra employer des poulies ou bagues isolantes.

La distance entre deux conducteurs sera au moins $2^{cm},5$.

b. Les conducteurs qui sont munis d'une enveloppe double dure et non

cassante, outre l'isolement ci-dessus, seront posés, partout où il n'y a pas à craindre de vapeurs corrosives, sur des isolateurs à cloche; toutefois, dans les locaux normalement secs, on pourra employer des poulies ou bagues isolantes, ou des taquets.

c. Si l'enveloppe de caoutchouc est parfaitement continue, sans suture, ils pourront être employés dans les locaux humides.

d. Les câbles nus sous plomb, formés d'une âme en cuivre, d'une forte couche isolante et d'une enveloppe simple ou double en plomb, ne doivent pas être mis en contact immédiat avec des attaches conductrices, des maçonneries ou des substances qui attaquent le plomb (le plâtre pur n'attaque pas le plomb). Les câbles sous plomb, dont l'âme a moins de 6^{mmq} de section, doivent être isolés au caoutchouc vulcanisé ou par une substance équivalente.

e. Les câbles sous plomb asphaltés peuvent être employés dans des locaux secs, ou dans un sol sec, mais ne devront toucher ni maçonnerie, ni substance capable d'attaquer le plomb.

Le plomb ne doit être ni comprimé ni détérioré aux points où le câble est fixé; ainsi l'usage des clous à crochet est interdit.

f. Les câbles bitumés et armés peuvent être posés directement dans le sol et employés dans les locaux humides.

g. Les câbles sous plomb doivent être, à leurs extrémités, munis d'un dispositif empêchant la pénétration de l'humidité et permettant une bonne connexion électrique.

h. Quand l'isolant est du caoutchouc, l'âme doit être étamée.

CONDUCTEURS MULTIPLES.

8\. *a.* Les cordons souples pour connexion des lampes ou appareils mobiles pourront être employés dans des locaux secs si chacun des conducteurs remplit les conditions suivantes :

L'âme est en fils de cuivre de $0^{mm},5$ de diamètre; par-dessus est un guipage de coton, entouré d'une couche de caoutchouc empêchant l'humidité de pénétrer; puis vient un nouveau guipage de coton et, comme gaine extérieure, un tissu de matière résistante qui ne doit pas être plus combustible que la soie ou le fil tordu.

La plus petite section admissible est de 1^{mmq} pour chaque conducteur.

b. Les cordons ainsi constitués ne peuvent être employés que dans des locaux parfaitement secs, et à une distance de 5^{mm} des parois ou plafonds, et ne jamais être fixés à demeure en contact avec des matières facilement inflammables.

c. Aux points d'attache avec un appareil quelconque, les fils de l'âme doivent être soudés.

Aucun effort de traction ne doit s'exercer sur les points d'attache.

d. Les conducteurs souples multiples sont autorisés dans les locaux hu-

mides et à l'extérieur si chaque conduc teur, conforme d'ailleurs aux dispositions du n° 7 (*c* et *h*), est encore protégé par une gaine isolante et résistante.

e. Les fils (jusqu'à 6^{mmq} de section) répondant aux prescriptions n° 7 (*b* et *h*) pourront être toronnés ensemble ou seront fixés dans une gaine commune comme les conducteurs simples n° 7 (*b*).

POSE.

9. *a.* Tous les conducteurs et appareils seront, après la pose, accessibles dans toute leur étendue, de manière à pouvoir être visités et changés facilement.

b. Jonctions. — Il est insuffisant de relier les fils en les enroulant l'un autour de l'autre. Ils doivent être soudés, ou reliés d'une manière équivalente.

Pour la soudure des épissures, on ne doit pas employer de substance capable d'attaquer le métal. L'isolement doit être rétabli conforme à celui des conducteurs.

Les branchements de conducteurs tendus doivent être soustraits à tout effort de traction.

Les attaches aux tableaux, ou autres appareils, des conducteurs ayant plus de 25^{mmq} de section, seront munies de sabots ou d'un dispositif équivalent. Les câbles d'une section inférieure et non munis de sabots seront soudés.

c. Aux croisements des conducteurs entre eux ou avec des masses métalliques, tout contact doit être rendu impossible. Si l'on ne peut pas conserver une distance suffisante, on devra les séparer par des tubes ou plaques isolantes, soigneusement fixées de manière à éviter tout déplacement.

d. Traversée des murs et plafonds. — Quand cela sera possible on devra percer des trous assez larges pour y faire passer librement les conducteurs; sinon, l'on devra employer des fourreaux isolants (pas en bois), permettant de tirer facilement les conducteurs. Les fourreaux doivent faire saillie sur les murs et plafonds. Dans les traversées de planchers, cette saillie sera de 10^{cm} au moins et protégée contre toute détérioration.

e. Des revêtements protecteurs seront employés dans les points où les conducteurs pourraient être endommagés; l'accès de l'air sera assuré. Des tubes peuvent être employés comme protection.

III. — Isolement et fixation de la canalisation.

10. Pour la fixation et le montage de toute espèce de fils, on devra observer les règles suivantes :

a. Les *isolateurs à cloche* seront verticaux à l'air libre; dans les espaces couverts, ils doivent être placés de manière que l'humidité ne puisse s'y accumuler.

b. Les *poulies et bagues* isolantes seront installées de manière à laisser au moins 10^{mm} dans les locaux humides, et 5^{mm} dans les endroits secs, entre les murs et les conducteurs.

Le long des murs les conducteurs seront fixés à des intervalles de 80^{cm} au plus; près des couvertures, vu le mode de construction, les points d'appui pourront être plus espacés.

c. Les *taquets* seront en matière isolante, ou en métal revêtu d'une matière isolante.

Les fils montés sur taquets seront au moins à 5^{mm} des murs. Les arêtes des taquets seront arrondies de manière à éviter toute détérioration de l'isolant.

d. Les *conducteurs multiples* seront fixés de façon que les fils ne soient pas pressés les uns contre les autres; l'usage de ligatures métalliques est interdit.

e. Les *tubes* peuvent être employés pour le montage des conducteurs isolés, conformément au n° 7, *b* et *c*, sous le décor, dans les murs, couvertures, planchers, pourvu qu'ils empêchent l'accès de l'humidité. Les conducteurs d'aller et retour peuvent être logés dans le même tube; on ne doit pas placer plus de trois conducteurs dans le même tube.

Dans les distributions par courants alternatifs, les deux conducteurs devront être logés dans le même tube. Il n'y aura pas d'épissure dans les tuyaux ni de branchements; ceux-ci seront placés dans des boîtes de jonction faciles à ouvrir. Le diamètre intérieur des tubes, le nombre et les rayons des courbes, et le nombre des boîtes seront tels qu'il soit facile d'introduire et de retirer les fils.

Les tubes ne devront présenter ni saillies, ni arêtes aiguës de nature à détériorer l'isolant.

L'eau ne doit pouvoir s'y accumuler nulle part et, après la pose, l'ouverture supérieure du tube sera fermée hermétiquement.

f. Les *moulures en bois* sont interdites.

g. Des pièces de forme spéciale, isolantes et incombustibles, et dont l'extrémité sera recourbée vers le bas, seront employées pour les passages de murs à l'extérieur des bâtiments.

A la traversée de cloisons en bois et des tableaux les ouvertures seront garnies d'un fourreau isolant et incombustible.

IV. — Appareillage.

11. Toutes les parties de l'appareillage où circule le courant doivent avoir des supports incombustibles, les isolant même dans les endroits humides, être protégées par des couvercles contre tout contact involontaire, et éloignées de toute matière combustible.

Elles devront être isolées de la terre avec le même soin que la canalisation. A l'entrée des appareils, on devra observer les règles édictées ci-

dessus pour la distance aux murs. Les surfaces de contact seront calculées pour éviter tout échauffement au-dessus de 50° C. par le courant normal. Pour les tableaux de distribution, voir n° 3.

PLOMBS FUSIBLES.

12. *a*. Chaque conducteur, à partir d'un tableau, doit être protégé par un plomb fusible.

b. Sauf le cas *g* ci-dessous, la section du fil fusible est déterminée par celle du plus petit conducteur qu'il ait à protéger, et l'intensité du plus fort courant de fusion admissible est déterminée par le Tableau suivant :

Section des conducteurs.	Courant normal (ampères).	Courant de fusion.	Section.	Courant normal.	Courant de fusion.
mmq 0,75	3	6	35	80	160
1	4	8	50	100	200
1,5	6	12	70	130	260
2,5	10	20	95	160	320
4	15	30	120	200	400
6	20	40	150	230	460
10	30	60	210	300	600
16	40	80	300	400	800
25	60	120	500	600	1200

c. Il est permis d'employer un fil fusible plus fin que celui résultant du Tableau ci-dessus.

A tous les points où la section du conducteur change, on doit placer sur chaque conducteur, un fil fusible à 25cm au plus du branchement. La portion de conducteur entre la conduite principale et le fil fusible peut être d'un diamètre plus faible que la canalisation principale, mais doit être alors séparée de toute matière inflammable. On ne doit pas employer de conducteurs multiples dans ces conditions. Dans les distributions à trois fils du système Hopkinson, le fil fusible sur le conducteur neutre peut être une fois et demie plus fort que sur les conducteurs extrêmes. Si ce conducteur intermédiaire est à la terre d'une manière permanente il ne faut y placer aucun plomb de sûreté.

d. Ces plombs fusibles seront construits de manière qu'aucun arc permanent ne puisse subsister après la fusion même si un court-circuit se déclare en arrière du plomb. Pour tous les plombs au-dessous de 6mmq (courant de fusion, 40 ampères), l'emploi de bouchons d'un calibre trop fort doit être rendu impossible par construction.

Le plomb ne doit pas établir le contact avec les bornes; le fil (ou la lame) doit être soudé à une pièce de contact en cuivre, ou métal approprié.

e. Les plombs fusibles doivent être aussi centralisés que possible et à portée de la main.

f. La tension maximum doit être marquée sur la partie fixe du coupe-circuit; la section de la canalisation et le courant normal sur la partie mobile.

g. Un coupe-circuit commun peut servir à la protection de plusieurs circuits si le débit total n'atteint pas 8 ampères; la section en sera calculée pour un débit normal de 8 ampères.

h. Les cordons souples pour lampes ou appareils mobiles seront toujours branchés sur un coupe-circuit de section calculée exactement sur le débit normal.

i. S'il est nécessaire de placer le coupe-circuit à plus de 25^{cm} du point de dérivation, la section du conducteur entre ce point et le coupe-circuit sera celle du conducteur principal.

k. On ne doit pas placer de plombs fusibles dans les locaux où se trouvent normalement des matières facilement inflammables ou explosives.

INTERRUPTEURS.

13. *a.* Les interrupteurs seront construits de manière à être franchement fermés ou ouverts sans pouvoir rester dans une position intermédiaire.

Sont exceptés de ces prescriptions les interrupteurs à levier au-dessus de 50 ampères partout, et tous les interrupteurs à levier dans les ateliers.

Leur mode d'action sera tel qu'aucun arc permanent ne puisse s'établir.

b. On marquera sur chaque interrupteur le courant et la tension normale.

c. Les contacts métalliques se feront exclusivement par glissement.

d. Tout branchement principal portera, autant que possible, un interrupteur sur chaque pôle (pas d'interrupteur sur le fil neutre dans les distributions à trois fils), qu'il existe ou non d'autres interrupteurs dans les locaux desservis.

RHÉOSTATS.

14. Les rhéostats et appareils de chauffage, dont la température doit s'élever à plus de 50° C. au-dessus de la température ambiante, seront installés de manière à rendre impossible tout contact entre le foyer de chaleur et des matières combustibles, et même tout échauffement dangereux de ces dernières.

Ils seront montés sur matière isolante et incombustible, entourés d'une enveloppe incombustible; ils doivent reposer sur un support incombustible, être isolés ou appuyés à des parois incombustibles; on ne doit pas les installer dans des locaux où des gaz explosifs, des poussières ou matières fibreuses existent normalement.

V. — **Lampes et appareillage.**

15. *a.* Les lampes à incandescence doivent être enveloppées hermétiquement dans une cloche de verre embrassant aussi le support, dans tous

les locaux où l'on peut craindre une explosion par suite de l'inflammation de gaz, poussières ou fibres.

Les lampes qui peuvent venir en contact avec des matières inflammables seront recouvertes de coquilles, cloches, ou toiles métalliques empêchant tout contact immédiat.

b. Les parties des montures par lesquelles passe le courant seront montées sur support incombustible, et protégées contre tout contact par une garniture isolante. Le caoutchouc durci, et autres matières qui se déforment sous l'action de la chaleur, l'ivoire végétal sont interdits à l'intérieur des montures.

c. Les appareils qui ne seront pas suspendus ou fixés à une pièce de bois (ou à une maçonnerie sèche s'ils sont lourds) devront être isolés.

Si l'appareil doit servir également à l'éclairage par le gaz, ou est en contact avec des parties métalliques du bâtiment, des conduites de gaz ou des murs humides, il devra en être séparé par un isolant, de manière à empêcher toute dérivation du support à la terre. On évitera soigneusement tout contact entre les fils et la partie non isolée des conduites de gaz. Ces fils seront établis de manière à ne pas être détériorés par la rotation du support.

d. Pour le montage on doit employer du fil isolé au caoutchouc (au moins 7 *b*) ou un câble souple; si le fil est extérieur, il doit être fixé de manière à empêcher tout déplacement, et sans endommager l'isolant.

e. Les lampes pendantes doivent être portées par un fil spécial qui peut être entrelacé avec les conducteurs; ceux-ci devront dépasser le cordon de suspension, aussi bien au point d'attache qu'à la monture, de manière qu'aucune traction ne s'exerce sur les prises de courant.

En général, les conducteurs ne doivent pas servir aux suspensions, mais être déchargés de tout effort par un dispositif facile à examiner.

LAMPES A ARC.

16. *a.* Les lampes à arc seront munies d'un dispositif empêchant la chute de fragments de charbon incandescents. Les cloches sans cendrier sont insuffisantes.

b. La lampe doit être isolée du sol.

c. Les ouvertures pour l'introduction des conducteurs seront disposées de manière que l'isolant de ceux-ci ne puisse être endommagé, et que l'humidité ne puisse pénétrer dans la lanterne.

d. Si les conducteurs servent à la suspension de la lampe, les points de jonction ne devront être soumis à aucune traction et les fils ne devront pas être tordus.

e. L'usage des lampes à arc est interdit dans les locaux où l'on peut craindre une explosion par inflammation de gaz, de poussières ou matières fibreuses.

VI. — Isolement de l'installation.

17. *a.* L'isolement de l'ensemble des conducteurs par rapport à la terre sera au moins $\frac{1000000}{n}$ ohms, et pour chaque dérivation principale au moins $10000 + \frac{1000000}{n}$. Dans ces formules n est le nombre des lampes à incandescence reliées, en comptant pour 10 lampes toute lampe à arc, moteur, ou autre appareil consommant du courant.

b. Pour les installations nouvelles, on devra mesurer non seulement l'isolement entre la terre et la canalisation, mais aussi l'isolement entre les deux systèmes de conducteurs à potentiel différent. Pour cela, on mettra hors circuit toutes les lampes, moteurs et autres appareils, mais les plombs fusibles et supports seront en place et les interrupteurs fermés. Les résistances d'isolement trouvées devront satisfaire aux conditions ci-dessus.

c. Les règles à observer dans les mesures sont les suivantes : si l'on emploie le courant continu, mettre le pôle positif de la source de courant à la terre, le négatif sur la canalisation et attendre une minute avant de faire la mesure. Toutes les mesures doivent être faites avec la tension normale de service; pour les systèmes à plusieurs fils, cette tension doit être la tension aux bornes d'une seule lampe.

d. Les installations faites dans des locaux humides, tels que brasseries, teintureries, pourront ne pas remplir les conditions susénoncées, mais alors la canalisation doit être constituée par des matières résistant au feu et à l'humidité, et installée de telle sorte que tout danger d'incendie par suite de dérivation soit écarté d'une manière permanente.

VII. — Plans.

18. Pour chaque installation, on devra dresser un plan ou un schéma (suivent des instructions pour la confection du plan ou du schéma, et une liste de symboles).

VIII.

19. La Commission de l'Association des Électrotechniciens allemands se réserve d'indiquer d'autres matériaux et modes de montage d'accord avec les progrès de l'Industrie.

20. Les prescriptions précédentes ont été adoptées à l'unanimité des membres de la Commission et, conformément à la résolution de l'Association en date du 5 juillet 1895, doivent être considérées comme prescriptions de l'Association.

Eisenach, 23 novembre 1895.

MESURES DE SÉCURITÉ POUR LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES A HAUTE TENSION,

Adoptées par la *Verband der deutscher Electrotechniker*, dans sa cinquième séance annuelle, tenue à Eisenach, le 12 juillet 1897.

Les règles suivantes sont applicables comme *guide provisoire* pour les installations électriques employant des courants intenses, pour lesquels la tension électrique dépasse 1000 volts, ainsi qu'à la traction électrique dont les installations sont toutes considérées comme installations à haute tension.

§ 1. — Définitions générales.

a. Isolants. — Sont considérées comme isolantes pour la haute tension les matières cotonneuses ou poreuses imprégnées à refus d'une matière isolante, ainsi que les isolants non hygroscopiques, à condition de n'être employées que pour le quart de leur résistance mécanique et pour un service dans lequel les tensions qui pourraient survenir ne puissent produire une détérioration de ces matières par suite de l'élévation de température.

Les matériaux tels que l'ardoise, le bois ou la fibre peuvent être employés comme matériaux de construction, mais non comme isolants.

Les matières isolantes doivent être proportionnées et montées de telle sorte qu'un courant considérable arrivant sur les pièces supportées ou avoisinantes, dans les conditions normales, ne puisse pénétrer ou traverser ces isolants.

b. Mise à la terre. — Mettre un bâti à la terre consiste à le relier à la terre en sorte qu'il ne puisse atteindre une tension dangereuse pour une personne non isolée.

c. Conducteurs à l'air libre. — Les conducteurs aériens, sans enveloppe métallique et sans garniture de protection, doivent être placés sur cloches isolantes à l'extérieur des bâtiments.

d. Conducteurs isolés. — Sont considérés comme conducteurs isolés les conducteurs garnis qui, après séjour de vingt-quatre heures sous l'eau, ont été soumis pendant une heure à une tension double de la tension de service lorsque celle-ci est égale ou inférieure à 3000 volts, ou à une tension supplémentaire de 3000 volts lorsque la tension de service dépasse 3000 volts.

e. Conducteurs à enveloppe métallique. — Sont considérés comme conducteurs à enveloppe métallique les conducteurs isolés qui sont placés dans des tuyaux métalliques ou munis de fourrures métalliques.

f. Matériaux incombustibles. — Sont considérés comme matériaux à l'abri du feu ou incombustibles les matériaux qui ne peuvent continuer à brûler d'eux-mêmes après inflammation.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

§ 2. — **Signaux d'avertissement.**

Les supports et protections des conducteurs à haute tension doivent être signalés, d'une façon correcte et visible, par une flèche en zigzag (foudre) de couleur rouge.

Les supports et garnitures de protection des conducteurs à enveloppe métallique placés à l'intérieur des bâtiments ou à l'extérieur sur les toits, dans les murs et planchers, ainsi que le parcours des conducteurs doivent être signalés d'une façon reconnaissable.

Indépendamment de ces signes, il est à recommander de placer, aux endroits les plus convenables, des placards explicatifs de leur signification.

§ 3. — **Contacts avec la haute tension.**

Le développement de potentiels élevés dans les lignes à haute tension doit être évité ou rendu inoffensif.

§ 4. — **Contact à la terre par le voisinage de parties métalliques.**

L'enveloppe métallique extérieure des conducteurs (à l'exception des câbles reliés directement à la terre), les fils et réseaux de protection ainsi que les boîtes et couvercles métalliques de protection des parties conductrices de courant doivent sans exception être reliés à la terre directement.

§ 5. — **Précautions contre les explosions et les dangers d'incendie.**

Dans les locaux où des causes d'explosion peuvent se produire en service par suite de la présence de gaz, poussières ou matières en suspension dans l'air, les machines et appareils doivent être garantis contre les dangers du feu par des boîtes de protection; dans tous les cas, le montage doit être fait en sorte qu'une inflammation de matières combustibles ne puisse se produire.

MACHINES ET TRANSFORMATEURS.

§ 6. — **Génératrices et moteurs.**

a. Avec bâtis isolés. — Les machines doivent être desservies par un couloir de service spécial. La disposition doit être telle que le service puisse être fait sans aucune crainte d'un contact accidentel entre les conducteurs à haute tension et le bâti ou un corps non isolé.

b. Avec bâti à la terre. — Les conducteurs à haute tension, s'ils peu-

vent être accessibles dans le service, doivent être protégés par des enveloppes de protection en métal reliées à la terre ou par des matériaux isolants rendant tout contact impossible.

§ 7. — Circuits d'excitation des machines à haute tension.

Quand les bâtis des machines à haute tension ne sont pas à la terre, les règles du § 6 sont applicables aux sources d'excitation et autres circuits à basse tension en liaison avec les machines à haute tension.

§ 8. — Transformateurs.

a. Les règles du § 6 sont applicables aux transformateurs accessibles.

Pour les transformateurs placés dans des locaux fermés ou dans des endroits réservés dont l'accès n'est possible qu'au personnel convenablement instruit, ces règles ne sont pas obligatoires s'il est pris des dispositions pour que les bâtis soient mis à la terre avant tout contact manuel.

b. Les transformateurs couplés en série doivent être disposés de telle sorte ou munis de dispositifs automatiques tels que l'ouverture brusque du circuit secondaire ne puisse produire une détérioration quelconque.

c. Les enroulements à haute tension doivent subir un essai d'une heure sous une différence de potentiel par rapport au bâti, par rapport à la terre et par rapport aux enroulements à basse tension, double de la tension de fonctionnement normal pour les tensions inférieures ou égales à 3000 volts et sous une tension supplémentaire de 3000 volts pour les tensions supérieures à 3000 volts.

§ 9. — Accumulateurs pour haute tension.

Aucun éclairage autre que par lampes à incandescence ne doit être employé dans les locaux d'accumulateurs; ces locaux doivent être constamment bien ventilés.

Les éléments doivent être séparément isolés du bâti et ce dernier isolé par rapport à la terre au moyen de supports en verre, porcelaine ou autre matière non hygroscopique.

Des dispositions doivent être prises pour éviter la détérioration des bâtiments par les écoulements d'acide.

Aucun objet inflammable ou enflammé ne doit être toléré pendant la charge dans les locaux d'accumulateurs.

Les batteries à haute tension doivent être desservies par un couloir de service disposé de telle sorte qu'un contact entre des points atteignant une tension dangereuse ne puisse se produire pendant le service.

Les batteries à basse tension servant pour l'excitation des machines à haute tension sont soumises aux mêmes règles quand les bâtis des machines excitées ne sont pas à la terre.

APPAREILS A HAUTE TENSION.

§ 10. — Tableaux et distribution.

Les tableaux de distribution (à l'exception des tréteaux, cadres, supports et châssis) doivent être construits en matériaux incombustibles; les règles du § 1 (*a*) sont applicables aux parties isolantes.

a. Côté du service. — Si une allée spéciale de service est employée, les conducteurs du courant des appareils de mesures, coupe-circuits et commutateurs, doivent être disposés de façon à être inaccessibles; toutes les parties accessibles de ces appareils ou du châssis et non parcourues par le courant doivent être reliées métalliquement entre elles et mises à la terre.

Lorsqu'il n'est pas employé d'allée spéciale pour le service, tous les conducteurs de courants reliés aux instruments de mesure, coupe-circuits et commutateurs, autant que ceux-ci ne sont pas à la terre, doivent être inaccessibles à tout contact; les parties accessibles métalliques de ces appareils et du châssis, mais non parcourues par le courant, doivent être mises à la terre.

b. Face postérieure du tableau. — Les règles précédentes sont applicables au côté arrière du tableau, autant que ce côté n'est pas clos et que le personnel compétent n'en a pas exclusivement l'accès.

Pour les tableaux dont l'arrière doit être accessible pour le service, l'écartement entre les appareils non protégés et les murs ne doit pas être inférieur à 1^m.

Si des conducteurs non protégés sont à hauteur de la main, l'éloignement horizontal doit être porté à 2^m, et l'intervalle doit être protégé par des barrières.

§ 11. — Appareillage.

a. Tous les appareils doivent être construits et fixés de façon à éviter tout accident de personne par éclats, étincelles ou projections de matières fondues.

b. Les parties conductrices des appareils reliés aux lignes à haute tension doivent être montées sur des supports incombustibles et séparées des objets voisins inflammables par des boîtes de protection.

Toutes les parties conductrices des appareils susceptibles d'être portées à un potentiel élevé doivent être munies, contre un contact accidentel, de boîtes de protection distinctes, ou enfermées dans une enveloppe commune.

Les appareils placés sur des mâts à l'extérieur, dans les conditions de hauteur prescrites au § 16 (*b*) pour les conducteurs aériens, peuvent ne pas comporter de boîtes de protection.

Tous les contacts doivent être établis pour que la plus forte intensité en

service ne puisse produire un échauffement de plus de 50°C. au-dessus de la température ambiante.

§ 12. — Sûretés (coupe-circuits).

a. Toutes les lignes partant d'un tableau doivent être protégées par des plombs fusibles de sûreté ou disjoncteurs coupe-circuits automatiques; exception est faite dans les systèmes à fils multiples, pour le conducteur neutre principal qui peut ne recevoir aucune sûreté.

b. Les intensités maxima admissibles pour la fusion sont déterminées par la Table suivante :

Section du fil en millimètres carrés.	Courant normal en A.	Courant de fusion en A.
1,5	6	12
2,5	10	20
4	15	30
6	20	40
10	30	60
16	40	80
25	60	120
35	80	160
50	100	200
70	130	260
95	160	320
120	200	400

Il est permis de prendre un conducteur de sûreté de section plus faible qu'il n'est indiqué dans ce Tableau.

c. Des sûretés bipolaires doivent être placées en tous les points où la section des conducteurs varie.

La pièce de raccord entre la ligne principale et la sûreté peut être de section plus faible que celle du conducteur principal, mais, dans ce cas, doit être séparée de tout objet inflammable et disposée de telle sorte qu'il ne puisse survenir, sur son étendue, de court-circuit ou de terre entre la sûreté et les dérivations.

d. Les sûretés doivent être construites en sorte qu'aucun arc persistant ne puisse se produire par suite de fusion ou de mise en court-circuit. Les sûretés constituées par des métaux mous ou plastiques ne doivent pas être serrées directement sur contacts, mais les fils ou bandes fusibles doivent être terminés par des pièces de contact en cuivre ou métal équivalent.

e. Les sûretés doivent être construites et supportées de telle sorte qu'elles puissent être remplacées sans danger sous la tension existante.

§ 13. — **Parafoudres.**

Toutes les machines ou appareils se trouvant en communication avec les conducteurs aériens doivent, aux endroits nécessaires, être protégés par des parafoudres qui doivent rester efficaces dans le cas des coups de foudre répétés.

§ 14. — **Interrupteurs.**

a. Les interrupteurs doivent être tels qu'aucun arc persistant ne puisse se produire lors de la rupture du courant en service normal.

b. Chaque dérivation principale, que les dérivations secondaires possédent ou non des interrupteurs distincts, doit comporter un interrupteur principal sur chaque pôle, si les sûretés ne sont pas disposées pour permettre de couper le courant.

Est excepté de cette disposition le conducteur principal central dans les systèmes à fils multiples qui peut ne recevoir aucun interrupteur.

c. Quand aucune allée spéciale de service n'est prévue pour le service des interrupteurs ou appareils ouvrant les circuits, les interrupteurs doivent être mis à la terre par l'ouverture même du circuit; les parties de l'interrupteur ne portant pas le courant, autant qu'elles sont accessibles au contact, doivent être mises à la terre d'une façon permanente.

Les règles des § 6 et 10 sont applicables lorsqu'une allée spéciale de service est prévue.

LIGNES.

§ 15. — **Généralités.**

a. Les écartements entre conducteurs et entre ceux-ci et les objets voisins doivent être tels qu'il ne puisse se produire aucun contact anormal ni aucune partie de courant.

b. Raccordement des conducteurs. — Les conducteurs ne doivent être raccordés que par soudure ou par un mode de liaison convenable offrant les mêmes qualités; il n'est admis, dans aucun cas, de raccordements par simple torsion.

Les procédés ou moyens de soudage employés ne doivent pas attaquer le métal.

L'épissure finie doit présenter le même isolement que les fils eux-mêmes.

Les dérivations sur lignes aériennes doivent être soutenues aux points d'attache ou n'avoir aucun effort à supporter.

Au-dessus de 25^{mmq}, les conducteurs reliés aux tableaux ou aux appareils doivent être munis de brides spéciales d'extrémité, ou pièces de raccord.

Les câbles au-dessous de 25^{mmq}, s'ils ne comportent pas de pièces de raccord spéciales doivent être soudés à leurs extrémités.

§ 16. — **Conducteurs aériens.**

a. Les lignes aériennes doivent être établies en fils nus.

b. Hauteur des lignes aériennes. — Les lignes aériennes doivent être placées normalement à une hauteur de 6^m au-dessus du sol, et pour la traversée des chemins, à une hauteur d'au moins 7^m.

c. Les lignes aériennes placées auprès des maisons doivent être disposées de façon à ne pouvoir être atteintes que par des moyens spéciaux.

§ 17. — **Protection des lignes aériennes.**

a. Pour les lignes aériennes qui longent les chemins ou sont placées au voisinage des endroits habités, il est nécessaire d'employer des dispositions empêchant la chute des conducteurs ou mettant ceux-ci hors circuit en cas de rupture des conducteurs ou des isolateurs qui les supportent.

b. Des filets transversaux de protection doivent être employés dans les lieux habités, principalement sur les emplacements construits et aux croisements des voies publiques.

c. Les lignes aériennes doivent pouvoir être sectionnées dans les lieux habités, et cela pendant le service.

d. Protection réciproque entre les lignes voisines. — Lorsque des conducteurs à haute tension sont installés parallèlement à d'autres conducteurs, les premiers doivent être installés de telle sorte qu'un contact entre les deux sortes de conducteurs soit impossible ou rendu sans danger.

Les filets ou les fils de protection doivent être employés aux croisements avec d'autres lignes si la construction même des supports n'exclut pas les contacts en cas de rupture d'un fil.

Si des lignes téléphoniques utilisent les mêmes poteaux que des lignes à haute tension, les stations téléphoniques doivent être aménagées de façon à éviter tout danger pour les personnes usant du téléphone.

Si des lignes à haute et à basse tension utilisent des poteaux communs, des dispositions doivent être prises pour qu'il ne puisse se produire de contacts entre les deux lignes ou d'irruption des courants à haute tension dans les conducteurs à basse tension en cas de rupture d'un des conducteurs ou des supports-isolateurs.

En ce qui concerne la sécurité des lignes téléphoniques et télégraphiques existantes, on se reportera au § 12 de la « loi sur les télégraphes » du 6 avril 1892, paragraphe ainsi conçu :

« Quand un trouble du service d'une ligne par une autre se produit ou est à craindre, les installations électriques doivent être traitées en sorte qu'elles ne puissent introduire de perturbation; les frais incombent à celle des parties qui entraîne. par une installation ultérieure ou par une modification de son installation, ledit trouble ou danger. »

e. Résistance mécanique des lignes aériennes et des supports. — Les

conducteurs aériens doivent avoir, en vue de leur résistance mécanique, une section minima de 10mmq.

Les portées et les tensions doivent être calculées en admettant comme sécurité :

Pour les poteaux en bois, une charge maxima égale au $\frac{1}{10}$ de la charge limite; pour les conducteurs à 25° C., et pour les poteaux en fer une charge maxima égale au $\frac{1}{5}$ de la charge limite.

L'effort du vent sera compté dans les calculs à raison de 125kg par mètre carré de surface normale.

§ 18. — Lignes contre les bâtiments et à l'intérieur.

a. Les conducteurs nus ne sont admissibles dans les bâtiments qu'autant que ceux-ci sont à l'abri des incendies et ne contiennent pas de matières inflammables.

b. Les conducteurs nus doivent être fixés sur des cloches isolantes verticales, ainsi que les fils isolés, quand ceux-ci ne sont pas tirés dans des tuyaux de protection avec enveloppe métallique mise à la terre (*voir* § 19).

c. Tous les conducteurs à haute tension, dans ou contre les bâtiments, doivent être garantis contre tout contact ou dommage par une garniture protectrice.

Ces garnitures de protection, tant qu'elles sont accessibles aux personnes, doivent consister en enveloppes métalliques mises à la terre.

Aux emplacements spécialement inaccessibles, comme, par exemple, pour les faîtages des murs, les garnitures de protection peuvent être remplacées par un réseau de protection à mailles de 15cm au plus de largeur.

L'écartement entre les conducteurs ou les garnitures de protection d'une ligne, isolée ou nue, et les corps de bâtiments voisins ne peut être nulle part de moins de 10cm.

Sont exceptés les passages de murs et de plafonds pour lesquels la règle *d* est applicable.

Avec les câbles sous plomb armés de fer et les conducteurs à enveloppe métallique, la garniture de protection n'est pas nécessaire.

Ces câbles peuvent être posés dans ou contre les murs, plafonds et planchers accessibles, en tenant compte des §§ 2, 4, 19 et 22.

d. Passage des plafonds et des murs. — Pour le passage ou la traversée des murs et plafonds, il faut disposer un canal, laissant un écartement d'au moins 5cm entre le mur et le conducteur, et qui permette de placer le conducteur sur cloches isolantes en porcelaine, ou dans des tuyaux isolants de même nature, dont les extrémités dépassent le mur d'au moins 5cm.

Pour l'issue à l'extérieur et pour les locaux humides, les cloches isolantes doivent seules être employées.

Sauf le cas des câbles à conducteurs multiples, on devra employer un tube distinct pour le passage de chaque conducteur.

§ 19. — Tubes de protection.

a. Les tubes de protection doivent avoir une paroi d'au moins 1^{mm} d'épaisseur et être constitués en métal dur.

b. Les tubes doivent être faits en sorte de ne pas pouvoir endommager les parties des câbles ou conducteurs en contact; ils ne doivent pas présenter d'arêtes vives.

Les boîtes-enveloppes de jonction doivent être réunies à la terre.

Les tuyaux doivent être placés de telle sorte que l'eau ne puisse s'y accumuler en aucune place.

Le diamètre intérieur des tubes et les coudes doivent permettre le tirage facile des câbles pour l'entrée et pour la sortie.

c. Les joints entre conducteurs, à l'intérieur des tubes, sont prohibés.

d. Pour les courants continus, il est admis de placer le fil d'aller et celui de retour dans le même tube.

On doit passer dans un même tube les conducteurs faisant partie du même circuit alternatif simple ou polyphasé lorsque ce tube de protection est muni d'une garniture en fer.

§ 20. — Section à donner aux conducteurs au point de vue de la sécurité contre l'incendie.

Les plus fortes intensités admissibles que recommande en règle normale la V. D. E. pour les conducteurs en cuivre sont à établir d'après le Tableau suivant :

Section en millimètres carrés.	Intensité du courant en ampères.
1,5	6
2,5	10
4	15
6	20
10	30
16	40
25	60
35	80
50	100
70	130
95	160
120	200

La plus faible section admissible pour les conducteurs est de 1^{mmq},5.

Les matériaux de plus faible conductibilité que le cuivre peuvent être employés à condition d'augmenter proportionnellement les sections.

§ 21. — Câbles souples à conducteurs multiples.

Ces câbles sont admissibles exceptionnellement dans les bâtiments habités si la tension entre deux fils ne dépasse pas 250 volts. Ils doivent

être fixés de manière que leurs divers éléments ne pressent pas les uns sur les autres.

Les liens métalliques ne sont pas admissibles pour la fixation de ces câbles.

§ 22. — **Câbles.**

a. Les câbles garnis de plomb nu et se composant d'une ou plusieurs âmes en cuivre, recouvertes d'une forte couche de matière isolante et d'une ou plusieurs enveloppes continues en plomb, doivent être protégés contre toute détérioration mécanique et ne doivent pouvoir venir en contact avec des matières susceptibles d'attaquer le plomb.

b. Les câbles asphaltés sous plomb ne peuvent être posés qu'aux endroits où ils sont protégés contre toute détérioration.

L'enveloppe en plomb ne doit être ni étirée ni écrasée aux points de fixation.

L'emploi de crochets pour le montage est interdit.

c. Les câbles sous plomb asphaltés et armés ne nécessitent pas de protéctions mécaniques spéciales; les crochets en fer sont admissibles pour leur montage.

d. Les câbles sous plomb de chaque sorte ne peuvent être employés qu'avec des pièces terminales, pièces de dérivation ou dispositions analogues empêchant efficacement la pénétration de l'humidité et garantissant en même temps un bon contact électrique.

e. Les fils isolés au caoutchouc vulcanisé doivent être étamés.

f. On peut réunir ensemble, dans un unique câble, les conducteurs faisant partie d'un même circuit à courants alternatifs simples ou polyphasés.

LAMPES.

§ 23-24. — **Conditions générales.**

a. Les lampes accessibles sans moyens spéciaux doivent avoir une garniture de protection reliée à la terre.

b. Les lampes faisant partie des circuits à haute tension doivent être mises en service par des interrupteurs auxquels les règles du § 14 *c* sont applicables.

c. Les supports des lampes doivent être absolument hors de portée de la main, ou mis à la terre.

d. Le montage des suspensions électriques doit être fait avec des conducteurs isolés (voir § 1 *a*).

Lorsque le fil est attaché à l'extérieur d'un support d'éclairage, il doit être fixé dans une position invariable et de sorte que son isolation ne puisse être endommagée par la fixation.

e. Pour le montage des lampes en série, chacune doit être munie d'une disposition fonctionnant lorsque le courant est interrompu dans la lampe,

et établissant une dérivation faisant court-circuit automatique sur la lampe.

§ 25. — **Lampes à incandescence.**

a. Dans les locaux renfermant en service courant des mélanges explosifs de gaz, poussières ou fibrilles, on ne doit employer que des lampes à incandescence avec enveloppes hermétiques en verre épais, enveloppant aussi les douilles.

Les cloches ou lanternes de protection ne doivent pouvoir être démontées qu'avec des outils spéciaux, et doivent en outre être protégées contre toute détérioration mécanique par un panier ou corbeille métallique reliée à la terre.

Les lampes à incandescence susceptibles de venir en contact avec des matières inflammables doivent être munies de cloches ou de filets mis à la terre.

b. Les parties conductrices des douilles doivent être montées sur des supports incombustibles.

§ 26. — **Lampes à arc.**

a. Les lampes à arc ne doivent pas être employées dans les locaux où il se produit en service courant des mélanges explosibles de gaz, poussières ou fibrilles spontanément fibreuses.

b. On ne doit pas employer de lampes à arc non munies de dispositifs empêchant la chute de fragments de charbon incandescents.

Les globes sans cendriers sont prohibés.

§ 27. — **Surveillance.**

Avant la mise en marche d'une installation il est nécessaire d'essayer les lignes sous une tension minima de 100 volts, pour constater les défauts d'isolation.

Cette prescription est applicable à chaque extension de l'installation.

Il est à prévoir des dispositions permettant la vérification de l'état d'isolation de l'ensemble de l'installation pendant le service.

Un registre sera tenu pour l'inscription des résultats des épreuves.

Pour le maintien permanent de la situation prescrite pour les supports, lignes, dispositifs de sécurité et conducteurs de mise à la terre avec leurs contacts, une surveillance doit être établie en sorte qu'au moins une fois par an une revision entière de toutes les parties soit faite; en dehors de cela, au moins chaque trimestre, il doit être procédé à une opération semblable pour les conducteurs ou lignes aériennes.

Un registre doit être tenu sur des observations faites.

§ 28. — **Mesures de protection pendant le service.**

Le travail sur les parties conductrices d'un réseau à haute tension, et sur les appareils récepteurs, comme le service des lampes, ne doit être

entrepris qu'après l'interruption préalable du courant, et après la mise à la terre de l'emplacement où l'on a à travailler et la mise en court-circuit des conducteurs.

Dans les stations centrales et dans les sous-stations (stations de transformateurs) on peut travailler, dans les cas indispensables, aux conducteurs à haute tension, mais ces travaux ne pourront être exécutés que par ordre et en présence du chef de service ou de son remplaçant.

Une personne seule ne doit jamais entreprendre ces travaux.

Dans chaque station les prescriptions spéciales, concernant les soins à donner aux personnes victimes d'accidents dus à l'électricité, doivent être affichées.

§ 29. — **Dessins.**

. Les stations productrices de courant et les sous-stations doivent être pourvues du schéma de l'installation à l'échelle et des dessins descriptifs des Tableaux de distribution.

b. Pour les lignes de transport d'énergie et les réseaux de distribution, on doit tenir des plans de situation indiquant la position des sous-stations, des transformateurs, des entrées de postes dans les bâtiments, les interrupteurs principaux, appareils de sécurité et parafoudres.

c. Pour les lieux de consommation on doit établir des plans sur lesquels les tensions en volts doivent être inscrites et contenant les indications suivantes :

1. Désignation des locaux d'après leur situation et leur but. Désigner spécialement les locaux humides et ceux dans lesquels se trouvent des matières acides ou facilement inflammables et des gaz explosibles.
2. Position, sections et conditions d'isolation des conducteurs.
3. Mode de montage et de protection.
4. Position des appareils et des sécurités (coupe-circuit).
5. Position des transformateurs, lampes, moteurs, etc., et consommation de courant.

Les sections des différents conducteurs seront exprimées en millimètres carrés et inscrites auprès des directions de ceux-ci.

d. Les changements dans la disposition des conducteurs et les agrandissements seront portés successivement sur ces plans.

e. Les plans en question seront remis au propriétaire de l'installation.

§ 30. — **Conclusion.**

La *Verband der Deutscher Elektrotechniker* se réserve de modifier ou de compléter ces règles suivant les progrès de la technique.

AUTRICHE.

PRESCRIPTION DE SÉCURITÉ POUR LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES A COURANTS INTENSES,

Éditées par l'*Elektrotechnische Verein,* de Vienne.

A. — Appareils pour la production, l'accumulation et la transformation des courants électriques.

(*Machines électriques, transformateurs, accumulateurs, batteries, etc.*)

1. La pose des appareils destinés à la production, à l'accumulation et à la transformation des courants électriques ne peut être faite que dans des locaux ne contenant pas de gaz explosibles ni de matières facilement inflammables.

2. Si l'air des locaux est vicié ou si la production, ou l'accumulation, ou la transformation entraînent un dégagement de chaleur excessif, les appareils doivent être placés dans des locaux servant exclusivement à cet usage et pourvus de moyens d'aérage en communication directe avec l'air libre.

3. Si les appareils en question font partie de circuits dans lesquels la différence de tension peut atteindre

300 volts pour le courant continu
150 volts » » alternatif

les prescriptions suivantes doivent être observées :

a. L'installation des appareils doit être faite dans des locaux spéciaux ou réservés à cet usage exclusif.

b. Des avis affichés dans le plus proche voisinage des appareils doivent interdire de toucher aux appareils.

c. Les appareils doivent avoir une isolation (1) spéciale par rapport à la terre ou bien être isolés de leurs socles.

d. L'accès des appareils ne doit être possible qu'aux personnes isolées de la terre (par exemple par un plancher).

B. — Lignes.

Les sections des lignes servant au transport du courant entre les générateurs, accumulateurs et transformateurs ainsi qu'entre ceux-ci et les

(1) Dans les locaux secs, le bois imprégné à chaud d'huile de lin, d'asphalte ou de matière analogue suffit. Dans les locaux humides on pourra employer le caoutchouc, le verre, la porcelaine ou autres matières qui ne s'altèrent pas à l'humidité.

appareils d'utilisation doivent être calculées en sorte que la plus grande intensité ne puisse déterminer d'incendie ni un échauffement susceptible d'endommager les isolants.

La densité maxima du courant est liée aux dimensions des conducteurs par les formules suivantes

$$I = \sqrt{\chi Q^{\frac{3}{2}}} \qquad \text{et} \qquad D = \sqrt{\frac{\chi}{Q^{\frac{1}{2}}}},$$

où I = intensité maxima en ampères;

D = densité du courant en ampères en millimètres carrés;

Q = section du conducteur en millimètres carrés;

χ = résistance spécifique du métal du conducteur rapportée au mercure.

Dans les conducteurs câblés, la densité de courant peut être majorée de 10 pour 100.

4. Lorsque les conducteurs sont établis en fil de cuivre dont la conductibilité est 0,95 de celle du cuivre chimiquement pur, les intensités admissibles peuvent être calculées sur les bases du Tableau suivant pour un certain nombre de sections :

Diamètre en millimètres.	Section en millimètres carrés.	Densité du courant maxima admissible, ampères : millimètres carrés.
2,5	5	5
4	13	4
7	40	3
16	200	2
64	3200	1

Pour les conducteurs desservant des moteurs, lampes à arc et autres récepteurs dans lesquels le débit peut subir des variations, les conducteurs doivent être calculés pour la plus grande intensité possible.

5. L'emploi de conducteurs d'un diamètre inférieur à 1^{mm} est prohibé sauf pour les fils jusqu'à $0^{mm},5$ destinés aux appareils d'éclairage et pour ceux servant à la fabrication des câbles.

6. Les lignes seront protégées contre les courants trop intenses par des interrupteurs automatiques (appareils de sûreté, voir n° 29) de telle sorte que l'intensité du courant ne puisse jamais dépasser 1,5 fois sa valeur normale déterminée d'après le n° 4, même pour les plus petites dérivations.

Ces interrupteurs automatiques devront être placés, à raison d'un par pôle, entre la source de courant et la ligne ou les groupes de lignes.

7. La *résistance d'isolement* [1] d'un réseau de câbles par rapport à la terre

---

[1] Les installations pour tensions jusqu'à 150 volts seront vérifiées avec la plus grande différence de tension qui pourrait se produire. On emploiera au moins 150 volts pour les installations usant de tensions moins élevées.

Le matériel sera essayé sous une tension double au moins de celle de service.

ou entre les parties des lignes, en tant qu'une différence de tension peut survenir, doit être donnée par la formule

$$R \geqq 5000 \frac{E}{I} \text{ ohms},$$

où E = différence de potentiel maximum entre les lignes ou par rapport à la terre;

I = intensité en ampères.

Dans les cas spéciaux où cette résistance d'isolation ne peut être atteinte, comme dans les brasseries, teintureries, tramways, etc., on peut admettre un isolement moindre sous les conditions suivantes :

a. La ligne doit reposer exclusivement sur des isolateurs non inflammables et ne pouvant être affectés par l'humidité ; les fils doivent être fixés sur ces isolateurs, de façon à exclure tout danger d'incendie même dans le cas de pertes constantes de courant.

b. L'accès des parties insuffisamment isolées doit être rendu impossible aux personnes étrangères au service dans les installations où la tension est supérieure à 150 volts pour le courant alternatif et à 300 volts pour le courant continu.

8. Ces lignes devront donc :

a. Être placées au moins à $3^{m},50$ au-dessus du point le plus élevé dans les passages fréquentés par des personnes étrangères au service ou bien être munies d'enveloppes protectrices;

b. Être distantes d'au moins 10^{mm} des corps étrangers mauvais conducteurs à l'intérieur des locaux fermés et d'au moins 50^{mm} à l'extérieur;

c. Être à une distance des corps étrangers bons conducteurs (pièces métalliques) donnée en millimètres par la formule

$$d \geqq 10 + \sqrt{E}$$

pour les conducteurs placés dans des locaux fermés, ou

$$d \geqq 50 + \sqrt{E}$$

pour les conducteurs placés à l'extérieur, E étant la plus grande différence de tension pouvant exister entre les conducteurs.

Ces formules sont également applicables à la détermination de l'intervalle à laisser entre les conducteurs eux-mêmes.

Seuls les fils ou câbles ne présentant pas de bifurcations et constituant un même conducteur peuvent être disposés avec des intervalles plus faibles et même être juxtaposés.

Dans le cas où, entre les points de fixation, un rapprochement des conducteurs l'un contre l'autre ou contre les corps étrangers peut survenir, les distances indiquées sous les alinéas *b* et *c* doivent être augmentées de $\frac{1}{200}$.

Quand les conducteurs doivent être tenus à écartement fixe soit entre eux, soit par rapport aux corps étrangers voisins, en certains points, par des attaches distinctes indépendamment des points normaux de fixation, l'écartement de ces liaisons ou supports peut entrer en ligne de compte pour le calcul des efforts ou surcharges.

Quand, par suite des tirages ou tractions, ou par suite des mouvements des corps étrangers avoisinants (cas de grues, courroies, etc.), il peut résulter un amoindrissement de l'écartement entre les conducteurs ou entre ceux-ci et les corps voisins, il faut compter sur la plus faible distance pour la détermination de la position.

9. Les conducteurs isolés, c'est-à-dire entourés de matières isolantes, autant qu'ils ne satisfont pas au n° 10, doivent être considérés comme faisant partie d'une installation de conducteurs nus, mais peuvent cependant, quand l'humidité n'est pas à craindre, être employés pour des tensions inférieures à 250 volts avec les courants alternatifs et inférieures à 500 volts avec les courants continus, mais de telle sorte qu'ils soient inaccessibles aux personnes étrangères au service.

10. Sont considérés comme conducteurs isolés spécialement ceux qui conservent une résistance d'isolement, mesurée sous l'eau, d'au moins $500 \times E$ ohms-kilomètres et à 15°C., E étant la plus grande différence de tension en service, en volts, après avoir été tenus vingt-quatre heures sous l'eau.

Ces conducteurs peuvent être placés les uns contre les autres et contre les corps étrangers.

11. Les matières isolantes pour les conducteurs isolés spécialement doivent être imperméables et hygrofuges (gutta-percha, caoutchouc et analogues) pour que, dans les cas d'humidité permanente ou possible, une liaison conductrice des conducteurs entre eux ou avec les corps étrangers ne soit pas à craindre.

Autrement ces matières doivent être recouvertes d'enveloppes de protection empêchant l'accès de l'eau ou de l'humidité (par exemple, une enveloppe de plomb), de telle sorte que, sous l'action de l'humidité, la plus faible résistance d'isolation reste maintenue dans les conditions du n° 10.

12. Lorsque les fils viennent de l'extérieur ou d'endroits humides dans un local sec, il faut prendre des dispositions spéciales (coudes d'écoulement d'eau, entonnoirs, larmiers et analogues) pour éviter que l'eau en s'écoulant le long des fils ne soit une cause de moisissure.

13. Quand les conducteurs sont soumis à des actions chimiques (par exemple, soit par l'atmosphère environnante, soit dans les planchers, murailles, etc. où ils sont placés) susceptibles de détériorer les isolants ou les conducteurs mêmes, il faut s'opposer à ces actions par des protections convenables.

14. Quand les conducteurs ou leurs enveloppes sont exposés à des actions

mécaniques nuisibles (pression, frottement, pliage, etc.) on doit leur adjoindre des dispositifs de protection appropriés.

15. Tous les canaux servant au passage des conducteurs électriques doivent être établis avec une sécurité appropriée pour s'opposer à quelque dommage que ce soit et finalement, quand ils sont placés dans le sol des rues où ils sont soumis aux charges roulantes des lourds camions et autres, pour qu'ils soient maintenus dans une position invariable.

Si les conducteurs ne sont pas isolés dans des canaux distincts et imperméables, des dispositions spéciales doivent être prises pour que l'accumulation de l'eau ne puisse se produire même aux endroits les moins protégés.

Quand les tuyaux à gaz sont placés dans les mêmes canaux, des dispositions spéciales d'aération doivent être prises pour rendre impossible l'accumulation de gaz inflammables ou explosibles.

16. Les lignes qui ne pourraient être protégées d'une manière efficace contre les actions mécaniques ou chimiques devront être visitées, au moins une fois l'an; on vérifiera leurs conditions d'isolation à l'égard de ces prescriptions et on les mettra en ordre le cas échéant.

De même, toutes les installations de conducteurs qui n'auront pas fonctionné d'une façon continue ou auront subi des dommages (par suite d'inondation, feu, modification des bâtiments, etc.) seront vérifiées et remises en état avant la reprise du service.

17. Les réseaux seront pourvus d'appareils, dits *parafoudres,* pour les préserver de l'action de la foudre quand le réseau sera à l'extérieur des bâtiments protecteurs eux-mêmes.

Une grande attention doit être apportée à l'établissement des prises de terre et l'on utilisera les bons conducteurs existant déjà dans les bâtiments, tels que les conduites métalliques pour l'eau, les supports, piliers, colonnes en fer, etc.

18. Les conducteurs à haute tension, c'est-à-dire pour courants continus, tensions au-dessus de 500 volts, et pour courants alternatifs, tensions au-dessus de 250 volts, doivent toujours être établis en sorte qu'ils ne puissent être accessibles aux personnes étrangères au service.

Les lignes seront donc soumises aux conditions suivantes :

Les conducteurs nus à l'air libre doivent être placés à une hauteur minima de 5^m au-dessus du sol et à une distance de $2^m,80$ du bâtiment le plus proche d'où l'on pourrait accéder au conducteur, soit par un balcon, fenêtre, toit, etc.

La disposition exacte des conducteurs doit être communiquée au service des pompiers de la localité.

A l'intérieur des bâtiments où peuvent être présentes des personnes étrangères au service, les fils isolés seront seuls employés, avec des protections formées par des enveloppes pouvant résister aux actions mécaniques, comme les rubans métalliques, tubes, etc. Dans le cas où ces pro-

tections pourraient se charger d'électricité, elles devraient être reliées d'une façon efficace et absolue à la terre.

19. La fixation des conducteurs sur leurs supports doit être faite de telle sorte qu'il n'en puisse résulter aucun dommage pour les conducteurs.

Des précautions doivent être également prises contre l'action de la rouille lorsque l'on emploie des appareils de fixation en fer.

Par suite, l'emploi de crampons, clous ou analogues pour le clouage direct des conducteurs n'est pas permis.

20. Les conducteurs à l'air libre doivent, ainsi que leurs supports, colonnes, poteaux, etc., être protégés contre les grandes perturbations atmosphériques, principalement les variations de température, le vent, etc.

Au point de vue de la résistance mécanique, on ne devra pas atteindre :

$\frac{1}{6}$ de la limite de sécurité pour les conducteurs électriques et les fils tendeurs;

$\frac{1}{12}$ de la limite de sécurité pour toutes les parties affectées aux bâtiments, principalement au point de vue de la limite d'élasticité.

On évaluera la pression du vent à raison de 250^{kg} par mètre carré, ce qui suffira pour tenir compte implicitement des surcharges accidentelles possibles (neige, glace, etc.).

21. Lorsque des conducteurs sont superposés de telle sorte que la rupture de l'un d'eux soit susceptible d'occasionner des contacts avec les autres (comme c'est le cas pour les réseaux téléphoniques, fils de transmission quelconque, etc.), il faut munir les conducteurs de moyens de protection spéciaux ou couvrir les fils inférieurs d'enveloppes isolantes.

En outre, les lignes seront pourvues, en deçà et au delà de l'endroit dangereux, d'appareils de déclenchement automatique ou de plombs de sûreté (voir n° 29).

22. Le raccordement des conducteurs entre eux ou avec les appareils ne doit être fait qu'à l'aide de vis ou de bonnes soudures.

La section au raccordement doit être double de celle du conducteur raccordé; le système de serrage doit être énergique et sûr, afin d'éviter un échauffement anormal et pour rendre impossible toute dislocation consécutive de la liaison.

Les contacts doivent être absolument nets afin que le contact métallique entre les pièces jonctionnées soit absolu.

Les pièces à souder seront étamées au préalable: la soudure devra pénétrer à cœur et donner la surface de contact la plus grande possible.

Les sels employés pour le soudage ne devront pas contenir d'acide libre.

Lorsque les ligatures ou jonctions doivent être soumises à une traction, il est nécessaire de fixer le fil au voisinage du raccordement, de façon que la traction ne s'opère pas directement sur la soudure, ce qui pourrait arracher ou disloquer la jonction.

Les jonctions des conducteurs isolés doivent, après l'achèvement de la connexion, recevoir une isolation égale à celle du conducteur, ou bien être recouvertes d'une boîte protectrice.

Dans tous les cas, les emplacements des jonctions doivent être en tout temps facilement reconnaissables et accessibles.

23. Lorsqu'on utilise la terre ou des objets métalliques reliés à la terre comme conducteurs (rails, colonnes, tuyaux, etc.), il faut prévoir pour ces terres des contacts parfaitement établis.

Des dispositions doivent être prises pour rendre impossible le contact des individus non isolés avec l'autre pôle; ces précautions seront d'autant plus rigoureuses que la tension dans les conducteurs sera plus élevée.

24. Dans les installations importantes avec sources particulières de courant, on placera des indicateurs de terre ou autres dispositions analogues permettant de vérifier à tout instant l'isolation de l'ensemble du réseau.

25. Dans l'installation des nouvelles lignes téléphoniques, télégraphiques et des lignes de transmissions quelconques, on tiendra compte des prescriptions précédentes à l'égard des lignes portant des courants intenses et déjà existantes, de sorte qu'un trouble quelconque ne puisse résulter de la présence de ces conducteurs.

C. — Appareils. — Lampes.

Commutateurs, interrupteurs, prises de courant, résistances, appareils de mesure et de contrôle, lampes, candélabres, etc.

26. Les sections des conducteurs reliant les appareils devront être calculées de façon que l'augmentation de température ne puisse dépasser 50° C. quand le courant est à son maximum.

Les appareils qui pouraient provoquer une élévation de température supérieure à 50° C. devraient être garantis, en prévision des causes d'incendie, d'après la règle suivante.

27. L'isolation des organes conduisant le courant aux appareils ne doit pas nuire à l'isolement général du réseau, conformément au n° 7.

Dans le cas où l'isolation de ces organes ne pourrait atteindre le degré d'isolement spécifié au n° 10 pour les *conducteurs isolés spécialement,* les appareils ou pièces détachés seront isolés spécialement par rapport à la terre.

Les matières isolantes employées doivent résister aux attaques de l'humidité et du feu.

D'autres matériaux ne pourront être employés que dans les endroits où les dangers de feu seront exclus et où l'humidité ne sera pas à craindre.

28. Tous les appareils de dérivation (appareils auxiliaires) accessibles

aux personnes étrangères au service doivent être recouverts et protégés aux endroits où les parties conductrices sont à nu.

29. Les surfaces de contact des appareils divers : commutateurs, interrupteurs, appareils de sûreté, doivent être assez grandes pour que, en aucun cas, avec le courant maximum, il ne puisse se produire une augmentation de température de plus de 50° C.

L'interruption du courant doit être assez rapide et la distance entre les pièces conductrices, après l'ouverture du circuit, doit être assez grande pour empêcher la formation d'un arc persistant et pour que le courant ne puisse se rétablir suivant un parcours différent.

L'interruption du courant doit être produite loin de toute matière inflammable, afin d'éviter un commencement d'incendie par suite de la chute de particules fondues ou incandescentes, ou par suite de la production d'étincelles. Les pièces de ces appareils doivent être montées sur socles incombustibles.

Dans les locaux contenant des objets inflammables ou des gaz explosibles, on ne peut employer ou installer de commutateurs, coupe-circuits ou interrupteurs pouvant produire des étincelles, sauf, par exception, à la condition expresse d'établir des séparations protectrices sûres, capables d'éviter tout danger de feu ou d'explosion.

Lorsqu'on emploie des appareils avec contact à mercure, celui-ci doit être pur et l'on doit se prémunir contre la production de vapeurs mercurielles en quantité dangereuse.

Chaque interrupteur automatique (appareil de sécurité) doit porter l'indication de la plus forte intensité pour laquelle il est établi, et, d'après le n° 6, doit être conçu de façon à ne supporter au plus que les deux tiers en fonctionnement normal.

Cette indication de l'intensité maxima doit figurer sur les plombs fusibles de l'appareil et sur celles de rechange.

Les appareils de sécurité à dispositifs fusibles doivent être enfermés dans une cage garantissant des projections de métal fondu.

30. Les résistances qui produiraient une augmentation de température de plus de 50° C. seront disposées de façon que les pièces chauffées de l'appareil ne puissent venir en contact avec des objets inflammables, ou que ces matières inflammables ne puissent prendre feu au contact des gaz chauds résultant de la circulation de l'air autour de la résistance.

31. Les lampes à incandescence et leurs douilles, placées dans des locaux contenant des matières inflammables ou des gaz explosibles, doivent être munies de garnitures de sûreté spéciales.

Ces lampes ne peuvent être placées dans des appareils contenant des substances inflammables ou mauvaises conductrices de la chaleur. Elles devront être, au contraire, placées dans des appareils protecteurs bien ventilés ou ayant une surface de refroidissement très grande.

32. L'emploi de lampes à arc est interdit dans les locaux contenant des matières inflammables ou des gaz explosibles. Dans ces endroits, les lampes à arc doivent être hermétiquement closes par des globes et recouvertes de filets métalliques.

Les globes ont pour but d'empêcher la chute des parcelles incandescentes de charbon et doivent, quand les matières inflammables sont en suspension dans l'air, en empêcher l'accès jusqu'à l'arc.

33. Les *candélabres* comportant des conducteurs intérieurs et extérieurs n'ayant pas pour ceux-ci une isolation reconnue convenable et suffisante devront être isolés de la terre et principalement isolés de toute carcasse métallique (tuyaux de gaz, etc.).

Ces appareils seront disposés en sorte qu'un mouvement quelconque, rotation ou autre, ne puisse détériorer l'isolation des fils amenant le courant.

Les tubes de candélabres dans lesquels sont placés les fils doivent être bien lisses à l'intérieur et ne présenter aucune aspérité ni contours tranchants.

Ces tubes doivent être nettoyés avant l'introduction des fils et débarrassés de toute poussière, copeau, limaille de fer, etc. Lorsqu'on aura recours à l'acide pour une soudure du tube, ce dernier devra encore être convenablement nettoyé et séché après l'opération.

Les tubes employés dans les candélabres exposés dans des locaux humides doivent être disposés en sorte que les vapeurs d'eau ne puissent pénétrer dans leur intérieur; on laissera une ouverture pour l'écoulement des gouttes d'eau, ou bien l'on remplira le tube, après l'introduction des fils, d'une manière isolante.

BELGIQUE.

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS.

EMPLOI DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LES MINES, MINIÈRES, CARRIÈRES ET USINES, RÉGIES PAR LA LOI DU 21 AVRIL 1810.

Arrêté royal du 15 mai 1895.

1. — *Installations électriques à la surface des mines, minières et carrières, ainsi que dans les usines régies par la loi du* 21 *avril* 1810.

Art. 1. — Les générateurs, récepteurs et transformateurs électriques seront installés dans des endroits secs et bien ventilés. Ces appareils

seront parfaitement isolés, au point de vue électrique, des fondations sur lesquelles ils reposent.

Art. 2. — Dans les conditions de travail maximum, la température des différentes parties de ces appareils ne pourra dépasser, de plus de 40° C., la température du milieu ambiant.

On évitera, autant que possible, la production d'étincelles aux collecteurs et aux balais des machines.

Des dispositions seront prises pour empêcher, lors de l'arrêt des génératrices, la circulation dans le circuit extérieur de tout extra-courant de rupture.

Art. 3. — Le retour du courant par la terre est interdit.

Art. 4. — Les conducteurs aériens, nus ou isolés, seront rendus inaccessibles. Les conducteurs cachés à la vue devront être parfaitement protégés contre les accidents mécaniques et leur position sera clairement indiquée; ils devront pouvoir être facilement visités et réparés.

Art. 5. — L'emploi des conducteurs nus est autorisé quand la différence de potentiel entre le conducteur d'aller et celui de retour ne dépasse pas 500 volts en courant continu ou 200 volts en courant alternatif.

Dans les autres cas, ils seront recouverts d'une gaine diélectrique continue, durable et efficace.

Art. 6. — Les conducteurs nus, entre lesquels il existe une différence de potentiel, seront maintenus partout à une distance de $0^m,30$ au moins les uns des autres.

Au besoin, des mesures seront prises pour éviter toute dérivation accidentelle du courant.

Lorsque les fils nus passeront à proximité d'un corps conducteur, d'une masse métallique, par exemple, on interposera une matière isolante à l'abri de l'humidité.

Art. 7. — A l'exception des câbles concentriques et des câbles souples pour lampes, les conducteurs isolés d'aller et retour seront maintenus écartés les uns des autres.

Art. 8. — A leurs points d'appui sur les supports, les conducteurs nus ou isolés seront fixés à des isolateurs.

Chaque support, s'il est en métal, sera relié à la terre et, s'il est en bois ou autre matière non conductrice, sera protégé par un paratonnerre.

Art. 9. — A l'intérieur des bâtiments, l'emploi des fils nus est interdit et la gaine diélectrique des fils isolés sera imperméable. Ces derniers seront, en outre, rendus inaccessibles quand la tension dépassera 500 volts en courant continu et 200 volts en courant alternatif.

Art. 10. — Les conducteurs devront pouvoir résister aux efforts auxquels ils seront exposés.

Partout où l'usure sera à craindre, comme à la traversée des planchers, cloisons, etc., les conducteurs seront munis d'une enveloppe protectrice en matière isolante, entourée elle-même d'une garniture résistant aux

frottements et aux chocs. A la traversée des murs extérieurs et des toits, les conducteurs seront enfermés dans une gaine isolante et imperméable avec cloche ou tube introducteur destiné à empêcher la pénétration de l'eau ou de l'humidité à l'intérieur des bâtiments.

Art. 11. — Les jonctions de conducteurs aux branchements et les joints seront faits avec soin; ils ne devront pas constituer des points faibles, soit mécaniquement, soit électriquement, et leur isolement sera équivalent à celui des conducteurs.

Art. 12. — On maintiendra en état de propreté toutes les parties isolantes. On vérifiera fréquemment le parfait isolement du circuit; à cette fin, un indicateur de terre accusant la valeur de la perte du courant sera placé à l'origine du circuit principal.

Art. 13. — La section des conducteurs sera telle que le passage accidentel d'un courant d'une intensité double de l'intensité normale ne détermine pas un échauffement supérieur à 40° C. Ce résultat sera, en général, obtenu pour les conducteurs en cuivre rouge, en bronze phosphoreux ou siliceux de haute conductibilité, en admettant les densités de courant suivantes par millimètre carré :

	amp		mmq		mmq
1° Fils nus	5,0	de	1	à	10
	4,0	de	10	à	50
	3,0	de	50	à	150
	2,5	de	150	à	300
	2,0	au-dessus de			300
2° Fils isolés	3,0	de	1	à	10
	2,5	de	10	à	20
	2,0	de	20	à	50
	1,5	au-dessus de			50

Les fils auront un diamètre minimum de 1^{mm}.

Art. 14. — Des appareils électrométriques (voltmètres et ampèremètres seront placés à l'origine du circuit principal.

Art. 15. — Des coupe-circuits bipolaires électromagnétiques ou à métal fusible fonctionnant automatiquement dès que l'intensité du courant s'élève au double de l'intensité normale seront placés sur les conducteurs du circuit principal et de tout branchement parcouru par un courant supérieur à trois ampères.

Art. 16. — Les coupe-circuits, interrupteurs, commutateurs et rhéostats seront montés sur des supports mauvais conducteurs et incombustibles.

Art. 17. — Les rhéostats devront être entourés d'une enveloppe incombustible permettant le passage libre de l'air.

Les fils de résistances auront une section suffisante pour que l'échauffement produit par le passage du courant ne puisse amener de déformation susceptible de donner lieu à des courts-circuits.

Art. 18. — Les coupe-circuits à métal fusible devront être disposés de telle sorte que la fusion du métal ne détermine pas de court-circuit et ne donne pas lieu à des projections.

Les pièces fusibles seront marquées d'un chiffre bien apparent indiquant le courant normal pour lequel elles sont établies.

Art. 19. — On disposera les interrupteurs et commutateurs de manière à éviter la production d'arcs permanents.

Les interrupteurs devront assurer un bon contact et ne pas s'échauffer par le passage du courant; à cette fin, ces appareils seront à frottement et les surfaces de contact seront calculées à raison d'un minimum de 5^{mmq} par ampère. Tous les interrupteurs et commutateurs par courants supérieurs à 10 ampères seront bipolaires.

Art. 20. — Il est interdit de déposer des matières combustibles, inflammables ou explosives à proximité des conducteurs, machines électriques, transformateurs, coupe-circuits, interrupteurs, commutateurs et rhéostats.

Art. 21. — Toute élévation exagérée de température du circuit sera immédiatement combattue en diminuant la vitesse des machines ou en introduisant dans le circuit une résistance auxiliaire.

Art. 22. — Un parafoudre sera placé à l'origine du circuit principal sur les conducteurs d'aller et de retour.

Art. 23. — Les locaux dans lesquels on procède à la charge des accumulateurs devront être convenablement ventilés.

On placera un disjoncteur automatique entre la dynamo génératrice et les accumulateurs.

Les liquides résiduels ne pourront être évacués qu'après complète neutralisation.

Art. 24. — Le circuit à haute tension des transformateurs devra se trouver hors d'atteinte des personnes.

Les appareils placés à l'intérieur des bâtiments devront être enfermés dans des caisses incombustibles.

On prendra les dispositions nécessaires pour éviter tout contact accidentel entre les circuits primaire et secondaire de ces appareils et pour atténuer les inconvénients qui pourraient éventuellement résulter de ce contact.

Art. 25. — Les câbles de suspension des lampes seront incombustibles et indépendants des fils conducteurs.

Les lampes à arc seront munies de globes et de cendriers.

Les bornes des lampes placées à l'extérieur seront protégées contre la pluie.

Art. 26. — Le service et l'entretien des appareils électriques ne pourront être confiés qu'à des ouvriers prudents et expérimentés.

Art. 27. — Les impétrants devront, en outre, se conformer aux prescriptions formulées par le département des chemins de fer, postes et télé-

graphes, en ce qui concerne le voisinage des lignes télégraphiques ou téléphoniques ou le passage au-dessus des domaines de l'État, comme aussi aux conditions qui leur seraient imposées par l'administration communale en vue de sauvegarder la sûreté et la commodité du passage dans les rues, places et voies publiques.

II. — *Installations électriques à la surface des mines à grisou de la troisième catégorie, à l'intérieur des bâtiments abritant les différents puits des sièges d'exploitation et aux abords de ces puits.*

DISPOSITIONS SPÉCIALES.

Art. 1. — L'emploi des générateurs d'électricité est interdit.

L'emploi des récepteurs et des transformateurs électriques dépourvus de collecteurs et de balais et présentant une sécurité absolue dans les milieux grisouteux est seul autorisé.

Ces appareils seront, en outre, complètement enfermés dans des enveloppes métalliques à joints hermétiques et disposés de telle sorte que l'espace libre laissé entre un appareil et son enveloppe soit minimum.

Les ouvertures nécessaires seront munies de glaces en verre épais.

L'enveloppe extérieure ne pourra être enlevée pendant la marche de l'appareil.

Art. 2. — Les conducteurs de courant seront recouverts d'une gaine diélectrique continue, imperméable, durable et efficace. Ils seront, en outre, établis de manière à être mis à l'abri de toute détérioration accidentelle.

Art. 3. — Les coupe-circuits, interrupteurs, commutateurs et rhéostats seront enfermés dans des enveloppes métalliques continues à joints hermétiques.

Les ouvertures nécessaires seront munies de glaces en verre épais.

Art. 4. — L'emploi des lampes à arc est interdit.

Les lampes à incandescence seront enveloppées de globes en verre épais à joints hermétiques.

III. — *Installations à l'intérieur des mines sans grisou, des minières et des carrières souterraines.*

Art. 1, 2 et 3. — Comme les art. 1, 2 et 3 du Titre I.

Art. 4. — L'emploi des conducteurs nus est interdit en tous les points du circuit souterrain.

La gaine diélectrique dont les conducteurs devront être recouverts sera continue, imperméable, durable et efficace; cette gaine isolante sera elle-même protégée par une enveloppe solide et inaltérable.

Art. 5. — Toutefois, dans les galeries, l'emploi des conducteurs nus par courants continus ne dépassant pas 500 volts destinés à la traction électrique, à l'exception des feeders ou conducteurs d'alimentation, est autorisé à la condition que ces conducteurs soient situés à 2^{m} au moins au-dessus du sol et que le revêtement des galeries soit tel qu'il n'existe aucun danger d'incendie; ces conducteurs seront, en outre, écartés de 50^{cm} au moins les uns des autres et seront fixés à des isolateurs à l'abri de l'eau et de l'humidité.

Au besoin des mesures seront prises pour éviter toute dérivation accidentelle du courant.

Lorsque les conducteurs nus passeront à proximité d'un autre corps conducteur, d'une masse métallique par exemple, on interposera une matière isolante.

Art. 6. — A l'exception des câbles concentriques, les conducteurs isolés d'aller et de retour seront maintenus écartés les uns des autres.

Art. 7. — Des dispositions spéciales seront prises pour empêcher, d'une façon absolue, d'atteindre aux conducteurs isolés; ceux établis dans les puits seront disposés de manière à éviter toute détérioration accidentelle.

Art. 8. — Comme l'art. 10 du Titre I.

Art. 9. — Les conducteurs cachés à la vue devront être parfaitement protégés contre les accidents mécaniques et leur position sera clairement indiquée; ils devront pouvoir être facilement visités et réparés.

Art. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20. — Comme les art. 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 du Titre I.

Art. 21. — Les chambres souterraines dans lesquelles on procède à la charge des accumulateurs devront être convenablement ventilées.

On placera un disjoncteur automatique entre la dynamo génératrice et les accumulateurs.

Art. 22. — Les transformateurs devront être enfermés dans des caisses incombustibles.

On prendra les dispositions nécessaires pour éviter tout contact accidentel entre les circuits primaire et secondaire de ces appareils et pour atténuer les inconvénients qui pourraient éventuellement résulter de ce contact.

Art. 23. — Les câbles de suspension des lampes seront incombustibles et indépendants des fils conducteurs.

Les lampes à arc seront munies de globes et de cendriers.

Les lampes à incandescence seront enveloppées de globes en verre épais.

Art. 24. — On disposera, en des endroits convenablement choisis, un nombre suffisant de lampes portatives allumées, de manière à assurer, lors de l'interruption accidentelle de l'éclairage électrique établi à demeure, la retraite des ouvriers et l'exécution des diverses manœuvres.

Art. 25. — Le service et l'entretien des appareils électriques ne pourront être confiés qu'à des ouvriers prudents et expérimentés.

IV. — *Installations électriques à l'intérieur des mines à grisou de la première catégorie.*

Article 1. — Comme l'art. 1 du Titre I.

Art. 2. — A l'exception des appareils dépourvus de collecteurs et de balais et présentant une sécurité absolue dans les milieux grisouteux, les générateurs, récepteurs et transformateurs ne pourront être établis que dans les puits, sous-bures, chambres ou galeries ventilés par un courant d'air pur n'ayant passé sur aucun chantier de travail et dans lesquels aucun afflux de grisou n'est à craindre.

Art. 3. — Comme l'art. 2, du Titre I.

Art. 4. — Les générateurs, récepteurs et transformateurs seront, en outre, complètement enfermés dans des enveloppes métalliques à joints hermétiques et disposées de telle sorte que l'espace libre laissé entre un appareil et son enveloppe soit minimum.

Les ouvertures nécessaires seront munies de glaces en verre épais. L'enveloppe extérieure ne pourra être enlevée pendant la marche de l'appareil.

Art. 5. — Comme l'art. 3 du Titre I.

Art. 6. — L'emploi des conducteurs nus est interdit en tous les points du circuit souterrain.

La gaine diélectrique, dont les conducteurs devront être recouverts, sera continue, imperméable, durable et efficace; cette gaine isolante sera elle-même protégée par une enveloppe solide en fer ou en acier mise à l'abri de l'oxydation.

Art. 7. — A l'exception des câbles reconnus préalablement comme étant d'une sécurité absolue dans les milieux grisouteux, les conducteurs ne pourront être établis que dans les puits, sous-bures, chambres ou galeries ventilés par un courant d'air pur n'ayant passé sur aucun chantier de travail et dans lesquels aucun afflux de grisou n'est à craindre.

Sont assimilés aux conducteurs de sécurité ceux qui sont enfouis à une profondeur de 30cm au moins dans le sol des galeries, de manière à être entièrement soustraits au contact de l'air. Dans le cas d'emploi de conducteurs de sécurité ou d'autres analogues, la longueur des conducteurs secondaires devra être réduite à un minimum.

Art. 8, 9, 10 et 11. — Comme les art. 6, 7, 8 et 9 du Titre III.

Art. 12, 13, 14, 15 et 16. — Comme les art. 11, 12, 13, 14 et 15 du Titre I.

Art. 17. — La fermeture et l'ouverture d'un circuit électrique ne pourront se faire que par l'intermédiaire d'un interrupteur.

Art. 18. — Les coupe-circuits, interrupteurs, communicateurs et rhéostats seront enfermés dans des enveloppes métalliques continues à joints hermétiques et montés sur des supports mauvais conducteurs et incombustibles.

Les ouvertures nécessaires seront munies de glace en verre épais.

Art. 19. — Les fils des résistances auront une section suffisante pour que l'échauffement produit par le passage du courant ne puisse amener de déformation susceptible de donner lieu à des courts-circuits.

Art. 20, 21, 22, 23. — Comme les art. 18, 19, 20, 21 du Titre I.

Art. 24. — Les chambres souterraines dans lesquelles on procède à la charge des accumulateurs devront être ventilées par un courant d'air pur n'ayant passé sur aucun chantier de travail et dans lesquelles aucun afflux de grisou n'est à craindre.

Les batteries devront être placées dans des caisses fermées.

On placera un disjoncteur automatique entre la dynamo génératrice et les accumulateurs.

Art. 25. — Comme l'art. 22 du Titre III.

Art. 26. — Les câbles de suspension des lampes seront incombustibles et indépendants des fils conducteurs.

Les lampes seront à incandescence et enveloppées de globes en verre épais à joints hermétiques.

Elles seront fixées aux conducteurs auxiliaires par des attaches extensibles disposées de manière que la rupture accidentelle du circuit ait lieu à l'abri de l'air.

Les ampoules devront pouvoir être fixées à leurs supports ou en être retirées, de manière que l'étincelle de fermeture ou d'ouverture du circuit se produise en vase clos.

Art. 27. — Les appareils de prise de courant pour lampes mobiles seront disposés de manière à satisfaire également à la précédente condition; de plus les extrémités libres des câbles auxiliaires devront être fixées aux lampes avant que les appareils précités soient raccordés aux conducteurs fixes.

Art. 28. — Comme l'art. 24 du Titre III.

Art. 29. — Des grisoumètres suffisamment sensibles et sûrs seront mis à la disposition du personnel en tous les points où leur présence sera jugée nécessaire.

Art. 30. — Les chambres et galeries où seront placés les câbles, lampes et autres appareils électriques, seront entretenues avec le plus grand soin et l'atmosphère en sera explorée par le personnel de la surveillance, à chacune de ses visites et par les ouvriers spéciaux chargés de la manœuvre et de la surveillance desdits appareils, à de fréquents intervalles, en vue de s'assurer de la formation éventuelle d'un mélange inflammable. Lorsque l'existence d'un tel mélange sera constatée, on suspendra le fonctionnement des appareils électriques.

Art. 31. — Comme l'art. 25 du Titre III.

V. — *Installations électriques à l'intérieur des mines à grisou de la deuxième catégorie.*

Comme le Titre IV.

VI. — *Installations électriques à l'intérieur des mines à grisou de la troisième catégorie.*

Art. 1. — L'emploi des générateurs d'électricité est interdit.

L'emploi des récepteurs et des transformateurs électriques dépourvus de collecteurs et de balais et présentant une sécurité absolue dans les milieux grisouteux est seul autorisé.

Art. 2. — Ces appareils seront installés dans des endroits secs et bien ventilés.

Ils seront parfaitement isolés au point de vue électrique des fondations sur lesquelles ils reposent.

Art. 3. — Comme l'art. 2 du Titre I.

Art. 4 et 5. — Comme les art. 4 et 5 du Titre IV.

Art. 6. — Dans tous les points du circuit souterrain, à l'exception des puits d'entrée d'air, l'emploi des câbles reconnus préalablement comme étant d'une sécurité absolue dans les milieux grisouteux est seul autorisé.

Sont assimilés aux conducteurs de sécurité ceux qui sont enfouis à une profondeur de 30^{cm} au moins dans le sol des galeries et de manière à être entièrement soustraits au contact de l'air.

La longueur des conducteurs secondaires devra être réduite à un minimum.

Art. 7. — La gaine diélectrique dont les conducteurs devront être recouverts sera continue, imperméable, durable et efficace; cette gaine isolante sera elle-même protégée par une enveloppe solide, en fer ou en acier, mise à l'abri de l'oxydation.

Art. 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14. — Comme les articles 8, 9, 10 à 14 du Titre IV.

Art. 15, 16 à 21. — Comme les articles 16, 18 à 22 du Titre IV.

Art. 22, 23 à 29. — Comme les articles 24, 25 à 31 du Titre IV.

VII. — *Emploi des lampes électriques portatives. (Mines à grisou des première, deuxième et troisième catégories.) Conditions générales régissant l'usage de ces lampes.*

Art. 1. — Les lampes à incandescence seront enveloppées de globes en verre épais à joints hermétiques.

Art. 2. — Les boîtes ou caisses renfermant les générateurs d'électricité seront imperméables à l'air et aux liquides.

Art. 3. — L'enlèvement des globes et l'ouverture des boîtes ou caisses seront rendus impossibles à l'intérieur des travaux miniers.

Art. 4. — Les commutateurs se manœuvreront en vase clos.

Art. 5. — Les bornes des générateurs de courant seront disposées de manière qu'on ne puisse les mettre en court-circuit à l'intérieur des travaux miniers.

Art. 6. — Des grisoumètres suffisamment sensibles et sûrs seront mis à la disposition du personnel en tous les points où leur présence sera jugée nécessaire.

Art. 7. — Le service et l'entretien des lampes électriques ne pourront être confiés qu'à des ouvriers expérimentés spécialement désignés au registre du contrôle.

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE.

CODE NATIONAL ÉLECTRIQUE.

RÈGLES ET RECOMMANDATIONS DU BUREAU NATIONAL DES COMPAGNIES D'ASSURANCES CONCERNANT L'INSTALLATION DES CANALISATIONS ET APPAREILS ÉLECTRIQUES D'ÉCLAIRAGE, DE CHAUFFAGE ET DE TRANSPORT D'ÉNERGIE.

Avertissement de l'édition de 1897.

Le présent Code national électrique a été élaboré sous la direction de différentes compagnies d'assurances, Sociétés d'électriciens, d'architectes et autres, dont les délégués ont présenté, au *Congrès national des règlements d'électricité,* les résolutions adoptées par eux à l'unanimité.

Voici les diverses associations représentées :

Institut des architectes américains.
Institut américain des ingénieurs électriciens.
Association américaine des ingénieurs mécaniciens.
Association américaine des tramways électriques.
Compagnie mutuelle d'assurances contre l'incendie.
Association nationale des pompiers.
Bureau national des assureurs.
Association nationale d'éclairage électrique.
Association nationale électrique d'assurance.

DIVISION GÉNÉRALE DES RÈGLEMENTS.

Classe A. — Stations centrales, salles de machines, dynamos, moteurs électriques, salles de batteries d'accumulateurs, sous-stations de transformateurs, etc. (règles 1 à 11).

Classe B. — Installations extérieures, tous systèmes et toutes tensions (règles 12 et 13).

Classe C. — Installations intérieures (règles 14 à 39), subdivisées comme suit :

Règles générales s'appliquant à tout système et à toute tension (règles 14 à 17).

Règles s'appliquant spécialement aux distributions à intensité constante (règles 18 à 20).

Règles s'appliquant spécialement aux distributions à potentiel constant :

Toutes tensions (règles 21 et 23).

Tensions ne dépassant pas 300 volts (règles 24 à 31).

Tensions comprises entre 300 et 3 000 volts (règles 32 à 37).

Tensions supérieures à 3 000 volts (règles 38 et 39).

Classe D. — Spécifications pour les conducteurs et l'appareillage (règles 40 à 55).

Classe E. — Divers (règles 56 à 59).

Classe F. — Règles spéciales pour les applications de l'électricité à la Marine (règles 60 à 72).

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Dans toutes les questions de montage de conducteurs, on devra considérer les fils comme s'ils étaient nus, alors même qu'ils sont isolés. De cette manière, quelles que soient les circonstances, les courts-circuits ou les terres seront évités ou au moins réduits au minimum.

Au point de vue de la pose et du montage, on prêtera une attention spéciale aux points suivants :

Les conducteurs seront installés soigneusement et avec symétrie; on suivra de très près les connexions, soudures, isolement des joints, etc. L'appareillage sera solide et convenablement posé.

Sauf dans le cas de distribution à intensité constante, on commencera le montage autant que possible en partant du centre d'alimentation. Les interrupteurs et coupe-circuits des circuits dérivés seront réunis dans des endroits sûrs, et facilement accessibles, les visites et réparations étant commodes.

On évitera les montages compliqués et l'on s'attachera à réaliser une charge uniformément répartie sur les différentes dérivations.

Lorsque les fils seront cachés, ils devront rester néanmoins accessibles.

On ne saurait trop recommander l'usage des conduites ménagées exprès pour y loger les fils qui, tout en étant cachés, resteront toutefois toujours accessibles. En principe, ce genre de constructions dissimulées et cependant accessibles devra être d'un emploi général.

Les architectes sont priés, lors de leurs tracés de plans, de prévoir les passages des conducteurs et l'aménagement des divers circuits électriques.

Lorsqu'il y aura à prévoir des circuits spéciaux pour allumage électrique du gaz, ces circuits seront montés à double fil, que les installations doivent recevoir ou non l'éclairage électrique.

ÉNONCÉ DES RÈGLES ET RECOMMANDATIONS.

Classe A. — Stations centrales et salles des machines dynamos, moteurs électriques, salles d'accumulateurs, sous-stations de transformateurs, etc.

1. *Générateurs :*

a. Les générateurs de courant électrique seront toujours installés dans des locaux parfaitement secs.

b. Ils ne seront jamais situés dans des salles où s'exécutent des travaux dangereux, ni dans des endroits où se dégagent des gaz ou des poussières combustibles.

c. Ils seront isolés sur des planchers en bois injecté, qu'on choisira de façon à éviter l'absorption de l'humidité et qu'on maintiendra propres et secs. Lorsqu'on ne peut employer des bâtis isolants, on s'adressera au service officiel d'inspection qui pourra dispenser de cette condition, mais alors les bâtis non isolés seront reliés en permanence à la terre.

(Une dynamo à haut potentiel peut ne pas pouvoir être montée sur un socle isolé de la terre, soit à cause de son trop grand poids, soit pour une cause quelconque; on devra alors la monter sur une plate-forme isolée, constituée, par exemple, par un plancher en bois, posé sur des supports isolants, et disposé de manière que l'homme qui doit toucher aux organes de la machine soit obligé de monter sur ce plancher pour pouvoir y accéder.)

(Dans le cas où une machine bien isolée de la terre se charge statiquement par suite de l'électrisation produite par le frottement de la courroie sur la poulie de commande, on évitera les troubles et désagréments provoqués par cette électrisation en plaçant devant la courroie un peigne métallique à pointes, qui la déchargera au fur et à mesure. Ce peigne sera relié à la terre à travers une résistance d'au moins 200 ohms par volt produit par la machine.)

d. Toute dynamo à potentiel constant doit être mise à l'abri d'un débit excessif par un plomb fusible ou autre dispositif équivalent.

(Ces appareils de sécurité seront placés sur la machine elle-même ou le plus près possible, et sur chaque pôle. Lorsque les nécessités du service empêchent l'application de cette règle, le service d'inspection ayant les pouvoirs nécessaires, pourra modifier sur demande écrite les prescriptions ci-dessus.

e. Toute dynamo doit être munie d'une housse imperméable lorsqu'elle ne fonctionne pas.

f. Les machines doivent toutes posséder une plaque indiquant le nom du constructeur, la tension normale en volts, le débit maximum en ampères, et la vitesse normale en tours par minute.

2. *Conducteurs :*

Il s'agit ici des câbles qui relient les dynamos aux tableaux de distribution, rhéostats ou autres accessoires, et de ceux qui relient les canalisations extérieures avec l'usine.

a. Ces conducteurs seront entièrement visibles ou tout au moins facilement accessibles.

b. Ils devront être isolés suivant les prescriptions indiquées à la classe C pour les travaux de même espèce.

Les fils exposés aux dégradations et autres inconvénients seront recouverts d'un enduit incombustible. Les barres omnibus des tableaux seront en métal nu.

c. Ils seront maintenus en place de telle sorte qu'ils ne puissent jamais se toucher.

d. Pour toutes les autres prescriptions, se reporter à celles indiquées *Classe C* pour les fils et câbles parcourus par des courants de même intensité et de même tension.

3. *Tableaux de distribution :*

a. Ils seront disposés de manière à réduire au minimum le danger de communiquer le feu aux matériaux combustibles situés dans leur voisinage.

Les tableaux ne devront pas reposer sur le plancher ni atteindre le plaplafond.

On laissera 10 à 12 pouces (24^{cm} à 30^{cm}) entre le sol et le bord inférieur du tableau, et 18 à 24 pouces (45^{cm} à 60^{cm}) entre le bord supérieur et le fond.

Ces dispositions ont pour but d'empêcher le feu de se propager et d'éviter des recoins susceptibles de faciliter l'accumulation de détritus, chiffons gras, etc.

b. Les tableaux seront construits en matériaux incombustibles ou en bois dur, disposés de manière à éviter l'absorption de l'humidité.

c. Ils seront accessibles de tous côtés lorsqu'ils auront des connexions par derrière, mais ils pourront être placés contre des murs de briques ou de pierres lorsque toutes les connexions seront situées sur le devant des panneaux.

d. Les tableaux doivent être protégés contre l'humidité.

e. Les barres omnibus ou de distribution seront équipées conformément aux règles prescrites pour la pose des conducteurs.

4. *Boites de résistance et rhéostats* (pour leur construction, voir règle n° 52) :

a. Ces accessoires devront être fixés sur un tableau ou, sinon dessus, tout au moins à une distance de $0^{m},30$ de toute matière inflammable et séparés de ces matières par un écran isolant, incombustible et non hygrométrique.

5. *Parafoudres* (pour leur construction, voir règle 55) :

a. Ils devront être branchés à chaque extrémité de tout fil ou conducteur aérien relié à la station génératrice. Il est recommandé aux Compagnies d'Électricité de soigner la pose des parafoudres, et d'en placer un nombre suffisant de façon que les décharges atmosphériques ne pénètrent pas dans les usines génératrices.

b. Ils seront facilement accessibles, éloignés des matériaux combustibles et placés aussi près que possible de l'entrée des conducteurs dans l'usine. Les parafoudres des stations centrales doivent être généralement placés sur le tableau de façon à être bien visibles.

D'une façon générale, les liaisons des parafoudres et des circuits qu'ils protègent doivent présenter le moins possible de bobines, coudes brusques, etc.

c. Les conducteurs métalliques reliant les parafoudres à la terre auront une section minimum de 12^{mmq} et devront aller aussi directement que possible à la prise de terre. Les fils de terre ne seront jamais raccordés, dans les bâtiments, aux canalisations de gaz.

De préférence, on intercalera une bobine de réactance entre les machines et les parafoudres. Les fils de terre ne seront jamais enfermés dans des tuyaux de fer, car leur impédance rendrait les décharges plus difficiles.

6. *Soins et entretien :*

a. Un ouvrier compétent doit toujours surveiller les machines en marche.

b. Les résidus de graissage seront recueillis dans des récipients de modèle approuvé, et seront vidés chaque jour. Ces récipients seront munis de pieds ayant au moins 3 pouces de hauteur (8^{cm}); ils seront munis de couvercles se fermant automatiquement.

7. *Essais d'isolement :*

a. Tous les circuits doivent pouvoir se relier facilement à un indicateur de terre. On recommande cependant l'emploi d'indicateurs continus.

Les fils de connexion à la terre ne seront pas reliés aux conduites de gaz, du moins dans les bâtiments.

b. Quand on ne pourra pas installer d'indicateur de terre les circuits seront vérifiés au moins une fois par jour.

c. Le cahier sur lequel sont consignés les essais restera toujours à la disposition des inspecteurs délégués pour les vérifications.

Les inspecteurs pourront de plus exiger la pose d'indicateur de terre sur tel point du réseau qu'ils jugeront convenable.

8. *Moteurs :*

Les moteurs seront placés sur des madriers isolés et seront entretenus propres et exempts d'humidité.

Si l'on ne peut isoler les moteurs on en préviendra le service d'inspection et celui-ci, autorisant par écrit la dérogation à la prescription ci-dessus, ordonnera la mise à la terre permanente du socle du moteur.

Un moteur à haute tension, qu'on ne peut isoler à cause de son poids, sera environné d'un plancher qui peut être en bois monté sur isolateur et sur lequel on soit obligé de monter pour accéder aux organes de la machine.

Si, dans le cas d'un moteur isolé, les glissements de courroie provoquent des charges statiques de cette dernière, on la déchargera avec un peigne à pointes placé dans le voisinage et relié au sol.

On pourra également relier le socle de la machine à la terre, à travers une résistance d'au moins 200 ohms par volt aux bornes du moteur.

b. Les fils de connexions répondront aux prescriptions indiquées (Classe C) sous les mêmes conditions de tension et de courant.

Les fils de dérivation pourront supporter un courant double du maximum, sous une tension de 25 pour 100 plus élevée que celle normalement prévue.

c. Le rhéostat de démarrage sera soumis aux prescriptions du n° 17 *a* et sera muni d'un interrupteur indiquant nettement les positions d'ouverture et de fermeture.

Ces accessoires, sauf autorisation écrite donnée par les autorités compétentes, seront placés près des moteurs.

L'interrupteur peut être unipolaire pour les moteurs de $\frac{1}{4}$ cheval et au-dessous; pour les moteurs plus puissants il sera bipolaire.

d. Les rhéostats de démarrage ou de champ devront satisfaire aux conditions spécifiées dans l'article 4.

On recommande en général l'emploi de coupe-circuit automatique, de limiteur de charge ou de déclencheur automatique, et ces appareils seront de rigueur si l'autorité les impose.

e. Les moteurs ne doivent pas fonctionner plusieurs en série.

f. Pendant les périodes d'arrêt ils seront recouverts d'une housse imperméable, et, si l'autorité l'exige, on devra les enfermer dans une enveloppe d'un type approuvé et spécial pour chaque cas particulier.

g. Quand les moteurs sont manchonnés sur des ventilateurs comme ceux montés sur les fenêtres, ils doivent être isolés des charpentes et ferrures.

h. Chaque moteur aura une plaque portant le nom du constructeur et les données de fonctionnement : tension normale, courant maximum, nombre normal de tours par minute.

9. *Stations génératrices pour tramways électriques :*

a. Les conducteurs, et en général chaque feeder, seront munis d'un coupe-circuit automatique *approuvé* (voir n° 44) ou d'un appareil du même genre de façon que le circuit soit coupé immédiatement au cas où

survient une terre. Cet interrupteur sera monté sur un socle incombustible et sera bien à la portée du surveillant.

10. *Accumulateurs et batteries primaires :*

a. Quand on se sert de piles ou d'accumulateurs pour l'éclairage ou la force motrice, les règles énoncées pour les dynamos génératrices s'appliquent eu égard au courant et à la tension normale de fonctionnement.

b. Les batteries seront installées dans des locaux ventilés.

c. Des précautions spéciales seront prises lorsque des vapeurs acides pourront se dégager dans ces locaux (voir le n° 24 *j* et *k*).

d. Les batteries auront leurs éléments montés sur des isolateurs incombustibles en verre ou en porcelaine vitrifiée et vernie.

e. Les connexions entre les éléments seront constituées par des métaux résistant à l'action corrosive des vapeurs acides.

11. *Transformateurs* (voir le n° 54 au sujet de leur construction) :

a. Dans les stations centrales ou les sous-stations, les transformateurs seront disposés de manière à rester à l'abri des fumées provenant de l'échauffement exagéré des enroulements ou de l'ébullition de l'huile dans laquelle ils sont plongés.

Classe B. — Travaux d'extérieur. Tous systèmes et toutes tensions.

12. *Conducteurs :*

a. Les fils de service auront une enveloppe isolante au caoutchouc *approuvée* (voir n° 40 *a*).

Les autres fils auront une enveloppe en caoutchouc ou en autre matière *approuvée* (voir n° 40 *a* et *b*).

Tous les fils d'attache et de prise de courant auront le même isolement que les conducteurs voisins.

b. Ils seront distants d'au moins 30^{cm} et seront à l'abri de l'humidité, et ne devront porter que sur leurs supports isolants.

Tous les supports de service seront revêtus de deux couches de peinture hydrofuge.

c. Les fils les plus bas d'une ligne aérienne seront à $2^{m},50$ au moins au-dessus des toits formant terrasse et à $0^{m},30$ du faîtage des édifices sur lesquels ils passent ou sont attachés.

d. Ils seront protégés par des ferrures isolées contre tout contact accidentel avec d'autres conducteurs ou les masses métalliques des constructions.

Ces précautions seront observées surtout dans les coudes brusques et partout où l'on peut craindre un contact avec des fils de lumière ou de distribution d'énergie.

e. Ils seront montés sur des isolateurs à cloche en verre ou porcelaine, à l'exclusion de simples poulies ou crochets isolants.

f. L'épissure ou la jonction des extrémités devra être suffisante pour rétablir les propriétés mécaniques et électriques des câbles et conducteurs. Le joint sera ensuite soudé et son isolement sera égal à celui du reste du câble. Tous les joints sans exception doivent être soudés.

g. Avant d'entrer dans les bâtiments, les conducteurs doivent former une boucle qui laissera égoutter l'eau. Ils pénétreront alors à l'intérieur en passant dans des tubes incombustibles, non hygrométriques et inclinés de l'intérieur vers l'extérieur.

h. Sur les poteaux, les fils télégraphiques, téléphoniques et autres ne seront pas placés sur les mêmes croisillons que les lignes de lumière ou d'énergie.

i. L'armature métallique des câbles doit être reliée à la terre.

FILS DE TROLLEY.

j. Leur diamètre ne sera pas intérieur au n° 0 de la jauge B et S (8^{mm}), s'ils sont en cuivre, et au n° 4 (5^{mm}) s'ils sont en bronze siliceux. Ils résisteront aux efforts mécaniques auxquels ils devront être soumis.

k. Ils seront isolés deux fois par rapport à la terre. Si l'on emploie des supports en bois, le support pourra compter comme isolant une fois le conducteur.

l. On devra, de la station, pouvoir couper le courant sur les fils et on les divisera en tronçons faciles à isoler en cas d'incendie près des voies de passage du trolley.

Cette règle, destinée à éviter de gêner le travail des pompiers, s'applique aux feeders des trolleys.

m. Aux points de croisements avec des conducteurs étrangers, les fils de trolley seront protégés contre tout contact accidentel.

Les fils de garde devront être isolés du sol et divisés en tronçons isolés électriquement de 100^{m} au maximum.

FILS DE RETOUR PAR LA TERRE.

n. Afin d'éviter l'action électrolytique du retour par la terre, la différence de potentiel maxima entre le pôle à la terre de la dynamo et un point quelconque du réseau de retour ne devra pas dépasser 25 volts.

On recommande de mettre le pôle positif au fil de trolley afin d'éviter autant que possible l'*émission* du courant par les canalisations d'eau ou de gaz du voisinage.

13. *Transformateurs* (pour les règles de construction, voir n° 54) :

a. Les transformateurs ne seront jamais placés dans l'intérieur des bâtiments, sauf dans les stations centrales. Le bureau de l'inspection peut autoriser des exceptions à cette règle.

b. On ne les fixera pas sur les murailles, même à l'extérieur, à moins qu'on ne place entre eux une solide séparation.

Classe C. — Travaux d'intérieur. Tous systèmes, toutes tensions; règles générales.

14. *Fils* (voir n°s 18, 24, 32, 38 et 39 :

a. Le plus petit diamètre autorisé correspond au fil n° 14 de la jauge B et S (1^{mm},5 de diamètre), sauf dans les cas où s'appliquent les n° 24 *u* et 40 *c*.

b. Les fils servant aux ligatures auront un isolement égal à celui des fils qu'ils relient.

c. La jonction ou l'épissure des extrémités devra à elle seule rétablir les propriétés mécaniques et électriques du conducteur. La soudure viendra assurer la préservation du joint qui sera alors recouvert d'un isolant équivalent à celui du reste du conducteur. Les fils câblés auront leurs torons soudés aux extrémités, avant d'être connectés aux appareils.

Pour les câbles de plus de 5^{mmq} de section, les bouts seront au préalable soudés dans des cosses métalliques.

d. On évitera de les placer en contact direct avec les murs, cloisons, planchers, plafonds, les traversées se faisant dans ces cas au travers d'un tube isolant et incombustible, tel que porcelaine ou verre.

Ces tubes de passage seront d'un seul morceau et dépasseront les faces des matériaux traversés. On pourra aussi faire la traversée au moyen d'un tube solide et non combustible comme un tube de fer ou de fonte dont on garnira les extrémités d'un tube de porcelaine ou de verre pour empêcher le contact du conducteur avec le tube de fonte.

e. Les conducteurs seront écartés des conduites de gaz, d'eau ou de toute masse métallique conductrice au moyen d'un isolant rigide séparant le conducteur de la masse d'au moins 25^{mm}. Des exceptions pourront être autorisées à cette règle.

f. Dans les locaux humides, l'intersection des conducteurs et tuyaux sera réalisée en laissant entre eux un espace d'air. On devra s'arranger pour éviter autant que possible les contacts accidentels. Les fils devront, de préférence, être placés au-dessus des tuyaux, ces derniers étant susceptibles d'accumuler l'humidité ou de donner lieu à des fuites qui viendraient endommager les conducteurs.

15. *Conducteurs souterrains :*

a. A leur entrée dans les bâtiments, on les préservera de l'humidité et des accidents mécaniques; on les éloignera de tous matériaux combustibles.

b. Ils devront être disposés de manière que les dérivations soient prises au droit des regards.

16. *Tables donnant les intensités admissibles dans les conducteurs :*

Ces Tables s'appliquent aux conducteurs d'intérieur, d'une conductibilité égale à 98 pour 100 de celle du cuivre pur.

Table A.

Conducteurs sous caoutchouc. (Voir n° 40 *a*.)

Jauge B et S. Numéros.	Diamètres en millimètres.	Ampères admissibles.
18	1,01	3
16	1,27	6
14	1,45	12
12	2,03	17
10	2,54	24
8	3,25	33
6	4,10	46
5	4,59	54
4	5,09	65
3	5,84	76
2	6,53	90
1	7,60	107
0	8,23	127
00	9,25	150
000	10,03	177
0000	11,70	210

Sections en circular mills des gros conducteurs.	Sections en millimètres carrés.	Ampères admissibles.
200000	100	200
300000	150	270
400000	200	330
500000	250	390
600000	300	450
700000	350	500
800000	400	550
900000	450	600
1000000	500	650
1100000	550	690
1200000	600	730
1300000	650	770
1400000	700	810
1500000	750	850
1600000	800	890
1700000	850	930
1800000	900	970
1900000	950	1010
2000000	1000	1050

Table B.

Fils imperméabilisés. (Voir n° 40 *b'*.)

Jauge B et S. Numéros.	Diamètres en millimètres.	Ampères admissibles.
18	1,01	5
16	1,27	8
14	1,45	16
12	2,03	23
10	2,54	32
8	3,25	46
6	4,10	65
5	4,59	77
4	5,09	92
3	5,84	110
2	6,53	131
1	7,60	156
0	8,23	185
00	9,35	220
000	10,03	262
0000	11,70	312

Sections en circular mills des gros conducteurs.	Sections en millimètres carrés.	Ampères admissibles.
200000	100	300
300000	150	400
400000	200	500
500000	250	590
600000	300	680
700000	350	760
800000	400	840
900000	450	920
1000000	500	1000
1100000	550	1080
1200000	600	1150
1300000	650	1220
1400000	700	1290
1500000	750	1360
1600000	800	1430
1700000	850	1490
1800000	900	1550
1900000	950	1610
2000000	1000	1670

Dans les présentes Tables on n'a pas tenu compte des chutes de tension; on s'est seulement préoccupé de l'échauffement. Le courant maximum imposé ci-dessus est celui qu'on peut encore accepter sans crainte d'un échauffement préjudiciable, à la longue, au bon isolement des conducteurs isolés au caoutchouc.

Bien que l'on ait fait entrer dans les Tables les n°s 16 et 18 de la B. S. jauge, on se rappelle que le minimum autorisé est le fil n° 14, sauf quand on peut appliquer le paragraphe 24 *u*.

17. *Commutateurs, coupe-circuits, etc.* (voir les règles n°s 43, 44, 45 concernant leur construction) :

a. Ces appareils, sauf les cas prévus aux n°s 8 *c* et 22 *c*, agiront sur chaque pôle; ils seront donc bipolaires, tripolaires, etc. suivant le genre de distribution.

b. On les éloignera des matériaux inflammables et l'on évitera de les installer dans des locaux contenant des gaz, vapeurs ou poussières inflammables.

c. Quand ils seront exposés à l'humidité ils seront montés sur des socles en porcelaine et munis de couvercles à l'épreuve de l'humidité.

DISTRIBUTIONS A INTENSITÉ CONSTANTE

(s'appliquent spécialement à l'éclairage par arcs en série).

18. *Fils* (voir aussi les n°s 14, 15, 16) :

a. Les conducteurs auront un isolant *approuvé* (voir n° 40 *a*).

b. Ils ne pénétreront dans les bâtiments ou n'en sortiront qu'après avoir traversé un interrupteur d'un modèle *approuvé* (voir n° 43) et monté dans une boîte incombustible et non hygroscopique, dont l'accès sera facile pour les pompiers et agents de la police. Les interrupteurs *à rupture rapide* ne sont pas autorisés sur les circuits de haute tension.

c. Ils seront toujours visibles, et ne seront jamais enfermés, sauf sur la demande expresse de l'Inspecteur délégué.

d. Ils seront montés sur des socles en porcelaine ou en verre destinés à maintenir un écartement de 20^{cm} entre les fils et de 25^{mm} au moins entre chaque fil et la surface qui les supporte. Exception est faite pour le corps des lampes à arc, les coupe-circuits, etc.

e. Les fils courant le long des cloisons et murs seront placés sous de grandes moulures, munies à l'intérieur de supports isolants destinés à maintenir les conducteurs isolés par l'air (épaisseur d'air 25^{mm}).

19. *Lampes à arc* (pour les règles de construction, voir n° 49) :

a. On les éloignera soigneusement des matériaux combustibles.

b. Elles seront munies de globes solidement assujettis et empêchant les chutes de crayons.

c. Quand on les emploie dans le voisinage de matières inflammables, ces globes seront entourés d'un filet protecteur métallique dont les mailles n'auront pas plus de 25mm à 30mm d'ouverture. Leur partie inférieure sera munie d'un cendrier d'un modèle *approuvé* (voir n° 50).

On évitera l'emploi de charbons cuivrés ou de charbons à mèches. Quand les lampes sont employées dans les atmosphères inflammables, l'arc devra être enfermé dans un globe hermétique.

Les globes ne sont pas exigés quant à présent pour les lampes à arc fonctionnant *retournées* pour éclairage par diffusion; ce système d'éclairage est prohibé dans les locaux contenant des matières inflammables en suspension.

d. Quand les lampes sont pendantes, elles doivent être supportées par un câble spécial, isolé de la lampe, et non par les conducteurs qui les alimentent.

20. *Lampes à incandescence en série :*

a. Les conducteurs seront installés comme il a été dit au n° 18; chaque lampe aura un système automatique de mise hors circuit.

b. Les lampes pendantes seront fixées et suspendues à un tube rigide.

c. Aucun système de commutateur électro-magnétique n'est autorisé dans les installations de lampes montées en série.

d. Dans aucun cas les lampes ne pourront être fixées à des appareils d'éclairage à gaz.

DISTRIBUTIONS A POTENTIEL CONSTANT. TOUTES TENSIONS. RÈGLES GÉNÉRALES.

21. *Coupe-circuits automatiques* (voir n° 17 et, pour leur construction, les nos 44 et 45) :

a. Les coupe-circuits seront installés sur tous les conducteurs en service, aériens ou souterrains, et on les placera aussi près que possible de l'entrée des bâtiments et disposés pour pouvoir couper complètement les circuits de ces bâtiments. Quand l'interrupteur exigé par le n° 22 est à l'intérieur du bâtiment, il doit être placé après le coupe-circuit.

b. Les coupe-circuits se brancheront à tous les endroits où les fils changent de section, sauf si le coupe-circuit du plus gros conducteur protège suffisamment le plus petit (voir règle n° 16).

c. Ils seront apparents ou enfermés dans une boîte approuvée facilement accessible (n° 46). On ne les placera jamais sur la lustrerie ou dans les tentures.

d. Il faut un coupe-circuit spécial par groupe de 6 lampes de 16 bougies. Dans le cas de lustres munis de beaucoup de lampes, on pourra, avec autorisation du service d'inspection, être dispensé de cette prescription.

e. Les coupe-circuits recevront un plomb fusible qui devra laisser passer seulement le courant maximum admissible, eu égard au diamètre du

câble. Tout disjoncteur automatique devra être réglé pour fonctionner sous un courant de 30 pour 100 plus fort que le courant maximum admissible pour le câble qu'il protège (voir n° 16).

22. *Interrupteurs* (voir n° 17; pour construction, n° 43) :

a. Ils seront installés sur tous les branchements, aussi près que possible du point de pénétration des fils dans les bâtiments et permettront de couper le courant total.

b. On les placera dans des endroits secs et on les groupera si possible, en rendant leur accès facile. Les modèles à couteaux seront fixés de manière que la pesanteur tende plutôt à les ouvrir qu'à les fermer.

c. Ils seront bipolaires ou tripolaires, sauf pour ceux qui commandent des circuits de 6 lampes de 16 bougies qui pourront être unipolaires.

d. Quand une boîte contient plusieurs interrupteurs, chacun de ces appareils sera séparé des autres par une cloison. Les boutons de sonnerie et interrupteurs pour allumage électrique du gaz ne se placeront pas dans ces boîtes, ni sur les panneaux sur lesquels se trouvent des interrupteurs d'éclairage.

23. *Radiateurs électriques :*

a. Les radiateurs sont considérés comme rhéostats et seront soumis aux mêmes prescriptions d'installation.

b. Chaque radiateur sera muni d'un coupe-circuit et d'un interrupteur qui permette de voir si le circuit est fermé (voir n° 17 *a*).

c. Leurs fils souples de connexion seront apparents et protégés contre toute rupture accidentelle.

d. La couverture isolante des conducteurs souples alimentant les radiateurs (mobiles), fers à repasser, etc., sera d'une composition *approuvée* (voir n° 40 *c*-III).

e. Chaque appareil radiateur sera pourvu d'une plaque donnant le nom du constructeur et les données normales de fonctionnement.

DISTRIBUTIONS A BASSE TENSION (*moins de 300 volts*).

Rentrent dans cette catégorie toutes les distributions fonctionnant entre 10 et 300 volts. Les circuits primaires des transformateurs qui rentrent dans ce cas ne doivent pas fonctionner à plus de 3000 volts.

24. *Conducteurs :*

RÈGLES GÉNÉRALES.

(Voir n°s 14, 15, 16.)

a. Les fils ne seront jamais noyés dans les revêtements en plâtre, ciment, etc.

b. Ils ne seront jamais fixés avec des cavaliers métalliques.

c. Ils ne seront placés sous taquets que sur de faibles longueurs et dans les endroits où ils seront apparents et faciles à suivre par les inspecteurs.

d. On évitera l'emploi des fils tordus, sauf dans le cas où le fil souple est indispensable.

e. Les conducteurs placés sur les murs seront protégés contre les avaries d'ordre mécanique. A leur passage au droit des solives de plancher, dans les caves ou dans les appartements, les fils devront être supportés par des isolateurs le long d'une planche de 12^{mm} au moins d'épaisseur sur 80^{mm} de largeur.

f. Lorsque les conducteurs passeront à proximité de tuyaux d'eau ou de réservoirs, on les considérera comme des conducteurs exposés à l'humidité.

RÈGLES SPÉCIALES, POUR TRAVAUX D'EXTÉRIEUR.

Endroits secs :

g. Les conducteurs seront recouverts de caoutchouc ou d'un isolant imperméable *approuvé* (voir n° 40 *a* et *b*).

h. Les fils seront supportés sur des isolateurs incombustibles. Ils seront éloignés d'au moins 4^{cm}, l'un de l'autre et d'au moins 12^{mm} de la surface qui les supporte. Pour supporter les fils d'une manière rigide, on devra en général, quand la pose se fait sur des surfaces planes, placer des supports isolateurs tous les $1^{m},40$. Si les fils sont exposés à être déplacés, on devra rapprocher davantage les isolateurs. Dans les constructions industrielles, les conducteurs n° 8 B et S ($3^{mm},2$ de diamètre) ou les conducteurs plus gros peuvent être séparés l'un de l'autre de 10^{cm} environ et être supportés au droit des solives seulement.

Cette règle ne saurait être invoquée pour empêcher de poser le fil neutre d'une distribution à trois fils entre les deux fils extrêmes et sous le même taquet, pourvu que les fils d'extrémités soient séparés du fil neutre d'au moins 8^{cm}.

Dans les endroits humides comme les brasseries, les entrepôts, les étables, les teintureries, les papeteries ou autres locaux sujets aux vapeurs acides, à l'humidité, etc., excepté en ce qui concerne les fils pendants.

i. La couverture isolante des fils sera du type approuvé (voir n° 24 *h* et n° 40 *a*).

k. Les fils ne doivent présenter ni joint ni ligature.

Fils sous moulures.

l. La composition de leur couverture isolante sera approuvée (voir n° 40 *a*).

m. On ne posera pas de fils sous moulures dans les endroits humides ou d'un accès difficile.

Fils placés dans des tubes ou conduits.

n. Ils auront un isolant approuvé (voir n° 40 *a*).

On préférera l'usage de conducteurs concentriques à l'emploi de conducteurs tordus ensemble (voir n° 40 *e*).

o. On ne les placera dans les conduits qu'après que tous les gros travaux de construction des bâtiments seront terminés, si possible.

p. Les fils appartenant à des circuits différents ne seront pas enfilés dans les mêmes conduits.

q. Dans le cas de courants alternatifs, on placera les divers fils d'un circuit dans le même conduit. On conseille d'agir de même s'il s'agit de courants continus afin qu'on puisse à un moment donné faire le changement du système de courants employés.

Pour les endroits d'un accès difficile.

r. Les fils employés pour ce genre de travaux satisferont à la règle n° 40 *a*.

s. Comme le n° 24 *h* jusqu'aux mots : « Dans les constructions industrielles... ».

t. Si l'on ne peut employer le système de pose ci-dessus, on tirera les fils dans des tubes flexibles garnis d'isolant.

Pour l'appareillage de la lustrerie.

u. Isolement approuvé (*voir* 40 *d*) et diamètre minimum 1^{mm}.

v. On évitera les contacts avec les tuyaux de gaz et l'on soignera tout spécialement les épaisseurs de raccord avec les fils de ligne.

w. Les ligatures, quand les fils seront posés sur la lustrerie, ne devront pas couper les fils par suite de la pression exercée sur eux ou du balancement des lustres.

25. *Conduits d'intérieur* (voir nos 24 *n* à *q* et 41) :

a. Ces tubes seront ininterrompus entre les diverses boîtes de jonction.

b. On les posera complètement avant d'y tirer les conducteurs.

c. Dans les passages de murs, cloisons, etc., les tubes émergeront de 10^{mm} au moins.

d. Quand les conducteurs seront posés toutes les extrémités seront bouchées et calfeutrées avec une composition hydrofuge approuvée. La fermeture de chaque extrémité doit être étanche.

e. Le métal des tuyaux ou conduits sera toujours relié à la terre.

26. *Appareillage* (voir n° 24 *u* à *w*) :

a. Quand ils seront supportés par les bouts taraudés des tuyaux à gaz, cas des lustres, ils en seront isolés par un manchon isolant approuvé (voir n° 51).

b. Avant le tirage des fils, on ébarbera les entrées des tubes et l'on enlèvera les bavures intérieures.

c. On calfeutrera les entrées et sorties, de façon à éviter les condensations intérieures.

d. On devra laisser toujours entre la moulure de la canalisation et l'entrée dans les tubes de la lustrerie au moins 6^{mm} d'espace franc.

e. On devra faire les essais d'isolement convenables avant la mise en service.

f. Les rosaces de plafond seront en matière isolante; dans le cas contraire les fils à leur passage seront entourés d'un tube de porcelaine.

27. *Douilles de lampes* (pour construction voir n° 47) :

a. Dans les locaux contenant des gaz inflammables, les lampes et leurs douilles seront enfermées dans un globe hermétique.

b. Dans les endroits humides ou contenant des marchandises inflammables, on emploiera des douilles à joint étanche. Ces douilles seront suspendues par des fils isolés au caoutchouc n° 14 B. et S. (1^{mm},6) et tordus ensemble. Ces fils seront soudés sur les conduites de distribution, mais supportés indépendamment.

28. *Cordons souples :*

a. Leur couverture isolante sera *approuvée* (voir n° 40 *c*).

b. Ils ne serviront pas de support à des lustres.

c. Ils ne serviront que pour l'appareillage des lampes pendantes, des chandeliers ou des moteurs mobiles.

d. On ne les emploiera pas dans les vitrines et étalages.

e. A leur entrée dans la douille ou dans le support de lampe, ils recevront une garniture isolante supplémentaire

f. Avant leur sortie des rosaces de raccord, on y fera un nœud destiné à en empêcher l'arrachement.

29. *Lampes à arc sur circuits à basse tension.*

a. Il y aura un coupe-circuit pour chaque circuit de lampes à arc (voir n° 17 *a*).

Les fils de dérivation doivent pouvoir supporter un courant double de celui prévu, à cause des collages possibles et des périodes d'allumage.

b. Les rhéostats et le système régulateur seront enfermés dans des boîtes incombustibles.

Les lampes à incandescence ne doivent pas être employées comme rhéostat.

c. Les lampes à arc auront des globes et des pare-étincelles, munis de filets de protection en métal (voir n°s 19 et 50).

30. *a.* Les bobines de self-induction pour lampes à arc alternatif seront traitées comme les rhéostats et autres appareils calorifiques.

31. *Lampes de décoration montées en série :*

a. Pour les motifs de décoration on n'emploiera pas de lampes montées

en série, dans les bâtiments, sauf autorisation spéciale écrite du service d'inspection.

DISTRIBUTIONS A HAUTE TENSION.

(300 à 3000 volts.)

Rentrent dans cette catégorie les installations reliées à une ou plusieurs machines développant plus de 300 et moins de 3000 volts. Exception est faite si l'on emploie un transformateur réducteur dont le secondaire donne moins de 300 volts.

32. *Conducteurs* (voir règles nos 14, 15, 16) :

a. Ils auront une couverture isolante approuvée (n° 40 *a*).

b. Comme au n° 18 *c*.

c. Les lignes seront bien tendues sur des isolateurs de porcelaine, et seront distantes d'au moins 10cm jusqu'à 750 volts et d'au moins 20cm pour tensions de 750 à 3000 volts (le reste de l'article comme au n° 24 *h*).

d. Comme au n° 24 *e*.

33. *Transformateurs :*

Quand on les autorisera dans les bâtiments, on consultera la règle n° 13 (pour la construction, voir n° 54).

a. Ils seront installés aussi près que possible du point de pénétration des fils primaires.

b. On les mettra dans une armoire fermée, garnis de matériaux incombustibles. Le local où seront les transformateurs ne servira pas à d'autres usages, sera bien fermé et les personnes autorisées y auront seules accès.

c. On laissera un vide d'au moins 15cm tout autour des transformateurs et l'on prendra des dispositions pour les ventiler (cheminées d'appel). Ils seront isolés du sol.

34. *Montage des conducteurs dans les tramways :*

a. Les conducteurs ici employés auront une couverture isolante approuvée (n° 40 *a*). Ils ne pourront jamais être touchés par les voyageurs.

35. *Remises de tramways électriques :*

a. Les fils de trolley seront, dans ces hangars, solidement fixés sur des isolateurs.

b. Les isolateurs seront suffisamment rapprochés de façon que, en cas de rupture du fil, celui-ci ne puisse traîner par terre.

c. On doit installer au dehors des bâtiments des coupe-circuits convenablement disposés, permettant de couper le courant par une seule manœuvre.

L'interrupteur du circuit sera disposé pour isoler le fil de trolley de toute communication avec le courant, sur une distance de 30m comptée à l'extérieur de la remise. Le réseau de la remise doit être mis hors circuit quand le réseau extérieur ne travaille pas.

d. Les moteurs fixes, les lampes, etc., installés dans ces locaux, aboutiront à un interrupteur principal qui les commandera, indépendamment de l'alimentation du trolley.

On n'autorise pas l'emploi de lampes portatives, sauf dans les puits; les fils de raccord seront alors soumis au prescriptions du n° 40 *a* et les interrupteurs, coupe-circuits, etc. seront placés hors du puits.

e. Pour le montage des fils et appareils on suivra les prescriptions indiquées classe C pour distribution à potentiel constant.

f. Les feeders ne pénétreront pas dans les remises de voitures.

g. A chaque éclisse les rails doivent être reliés par un fil de cuivre recuit n° 2 de la jauge B & S ($6^{mm},5$).

Un fil de retour spécial suivra les voies et sera groupé en quantité avec le retour formé par les rails.

h. Les voitures de tramways ne resteront pas en communication avec le fil de trolley pendant les périodes de repos.

36. *Fils d'éclairage et de moteurs pour voitures de tramways :*

a. L'éclairage et l'alimentation des moteurs par les fils de trolley sont interdits lorsqu'ils auront un retour par la terre.

Exception est faite pour les cars électriques et les stations génératrices des tramways. On ne pourra, sauf ces exceptions, employer la même dynamo pour faire fonctionner simultanément l'éclairage et les moteurs.

37. *Lampes à incandescence en série :*

a. Aucun système d'éclairage ou de transports d'énergie, en série multiple, ne saurait être autorisé.

b. Dans aucun cas on ne permettera la fixation des lampes à incandescence sur les appareils à gaz.

DISTRIBUTIONS A EXTRA-HAUTE TENSION

(tension supérieure à 3000 volts).

Est classée dans cette catégorie toute canalisation électrique reliée directement avec une source développant plus de 3000 volts. Exception est faite pour celles reliées aux secondaires de transformateurs réducteurs, abaissant la tension au-dessous de 3000 volts.

38. *Fils primaires :*

Ces fils ne doivent pénétrer dans aucun bâtiment sauf dans les stations centrales, ni passer au-dessus des bâtiments sauf ceux de la station ou des sous-stations.

39. *Fils secondaires :*

a. Ils seront installés conformément aux règles applicables aux circuits à haute tension.

L'isolement élevé exigé pour les fils primaires de très haute tension tend à reporter, entre le primaire et le secondaire des transformateurs, toutes les chances d'accidents, coups de foudre, etc.

Il ne devra jamais y avoir plus de 3000 volts entre les tensions primaire et secondaire; dans le cas contraire il faudra prévoir un transformateur réducteur intermédiaire.

On se souviendra que le passage, dans les rues, de conducteurs soumis à plus de 3000 volts constitue un danger permanent et augmente les risques d'incendie.

Classe D. — Appareillage, matériel et détails de construction. Tous systèmes et toutes tensions.

40. *Isolation des fils :*

a. Fils sous caoutchouc. La gaine isolante doit être solide et son épaisseur minimum de $\frac{3}{64}$ de pouce ($0^{cm},12$). Un fort enduit doit recouvrir le diélectrique qui devra être très difficilement combustible.

L'isolement minimum est de 1,6 (mégohm) par kilomètre, les mesures étant effectuées sous 550 vols, après une durée d'électrisation de trois minutes, et le câble à essayer ayant été au préalable plongé pendant quinze jours dans l'eau à 70° F. (21° C.) puis enfin pendant trois jours dans de l'eau de chaux. (*Voir* plus loin les matériaux recommandés, après la règle n° 59.)

b. Imperméabilité. L'isolant doit être imperméable à l'eau et ne pas être inflammable.

Il doit résister au frottement et avoir au moins $\frac{1}{16}$ de pouce ($0^{cm},16$) d'épaisseur. Cet isolant sera imprégné d'une substance hydrofuge.

c. Fils et cordons souples à deux conducteurs. — Ces fils seront constitués par deux conducteurs isolés séparément et qui seront tordus ensuite; la section minimum d'un des conducteurs sera celle du fil n° 16 de la jauge B et S ($1^{mm^2},3$). L'isolant employé doit être *approuvé* et protégé par une tresse incombustible et hydrofuge.

I. Cette prescription s'applique aux cordons souples pour lampes pendantes.

II. L'isolant des conducteurs souples destinés aux lampes, moteurs portatifs, etc., doit être solide et avoir une épaisseur d'au moins $\frac{1}{32}$ de pouce ($0^{mm},8$). L'isolement tant entre les conducteurs qu'entre ceux-ci et la terre sera d'au moins 1 mégohm par mile (1,6 par kilomètre), les mesures étant faites après une immersion de huit jours dans de l'eau à 70° F.(21°C.), sous 550 volts après 3 minutes d'électrisation.

III. Les conducteurs souples pour appareils portatifs de chauffage, radiateurs, fers, etc., doivent pouvoir supporter l'échauffement sans altération de leur isolant qui sera en amiante, par exemple.

Au point de vue mécanique, le diélectrique sera protégé par une couverture solide.

On s'arrangera pour que les connexions de ces fils extrêmes ne soient pas moins solides que le reste.

d. Fils d'appareillage. — Leur isolant doit être solide et sa couverture flexible et très peu combustible. Dans les conditions de mesures d'isolement énoncées ci-dessus(*c*-II) l'isolement sera de 1 mégohm par mile.

e. Fils pour conduits. — Les fils destinés à être passés dans des tubes ou conduits devront satisfaire aux prescriptions ci-après :

I. *Pour les conduits métalliques isolés,* les conducteurs devront présenter les qualités exigées au paragraphe *a* (classe D).

Les fils concentriques doivent être pourvus d'un ruban entre le conducteur intérieur et le conducteur extérieur. Pour l'isolement imposé, voir *a* (classe D).

II. *Pour les conduits métalliques non isolés,* les conducteurs simples ou ceux torsadés devront satisfaire aux prescriptions *a* (classe D) leur enveloppe extérieure sera de texture fibreuse et aura une épaisseur minimum de $\frac{1}{32}$ de pouce ($0^{mm},8$). Cette enveloppe sera assez résistante pour ne pas être détériorée pendant le tirage dans les tubes.

Ce paragraphe s'applique également aux conducteurs concentriques.

41. *Conduits d'intérieur* (voir les règles nos 24 et 25 pour la pose des fils) :

a. Chaque longueur ou bout de conduit, qu'il soit isolé ou non, doit porter le nom du fabricant gravé d'une façon indélébile afin de faciliter la surveillance des inspecteurs.

CONDUITS MÉTALLIQUES ISOLÉS.

b. Les tuyaux ou conduits métalliques isolés doivent être assez résistants pour empêcher la pénétration des clous, etc., comme cela est prévu pour les tuyaux à gaz.

c. Quand un fil brûle dans un conduit, l'extérieur de ce dernier ne doit pas être détérioré, même lorsqu'on le relie en même temps à l'autre pôle de la distribution.

d. La garniture isolante des tuyaux ou conduits doit adhérer parfaitement au métal.

e. Cette garniture ne doit pas se craqueler ni se rompre lorsqu'on courbe un tube sur un cylindre de $0^{m},76$ de diamètre, en opérant à chaud (100° C.). L'épreuve ci-dessus s'applique aux tubes d'un diamètre de $25^{mm},4$ et au-dessous. Pour les tubes plus gros, le cylindre aura quinze fois leur diamètre pour l'épreuve de cintrage.

f. Au-dessous de 100° la garniture isolante ne devra pas s'endommager par l'échauffement dans l'eau; celle-ci devra rester pratiquement pure après l'immersion.

g. La garniture isolante aura une épaisseur minimum de $0^{mm},8$; elle ne

devra pas exercer d'action nuisible sur l'isolement des fils. Elle devra supporter le tirage de grandes longueurs de fil sans s'arracher.

h. Les garnitures isolantes ne doivent pas pouvoir absorber plus de 10 pour 100 d'eau (en poids) au bout de cent heures d'immersion. Elles devront résister à une durée d'immersion de trois jours dans de l'eau.

i. Les coudes et courbures devront s'exécuter sur place à la demande; ils ne seront pas constitués par portions rapportées. La courbure doit toujours avoir un rayon intérieur de $0^m,09$ au moins.

Les coudes ne doivent comporter que l'équivalent de quatre arcs de 90°, les courbures d'entrée et de sortie étant exceptées.

CONDUITS MÉTALLIQUES NON ISOLÉS.

j. Les tuyaux en fer ou acier, d'égale épaisseur et de même résistance à la pénétration des clous que ceux à gaz de même type, peuvent servir de conduit si leur surface interne est lisse et sans rugosités.

Ils seront galvanisés intérieurement ou recouverts d'une protection contre la rouille. Cet enduit doit constamment conserver ses propriétés et ne doit pas empêcher l'enlèvement des conducteurs.

k. Les coudes seront faits à la demande par cintrage sur place, à l'exclusion des raccords. Pour les rayons de courbure et le nombre des coudes, *voir* le n° 41 *i*.

42. *Moulures en bois* (pour les règles de pose, voir n° 24) :

a. Les bois moulurés ou rainés doivent recevoir sur toutes leurs faces deux couches de peinture hydrofuge ou être injectés d'hydrofuge.

b. Les moulures envelopperont entièrement les fils, les pièces formant boîte et couvercle.

Une séparation de 12^{mm} doit toujours exister entre deux rainures voisines. L'épaisseur du bois formant fond, en dessous des rainures, sera d'au moins 9^{mm}, de façon à offrir toute garantie de solidité.

Les moulures seront de préférence en bois dur.

43. *Interrupteurs* (voir règles n°s 17 et 22) :

a. Les interrupteurs seront montés sur des socles isolants et incombustibles, porcelaine ou ardoise.

b. Les dimensions seront telles qu'il ne pourra se produire d'échauffement anormal par le passage prolongé du courant.

c. Les interrupteurs doivent être munis de repères indiquant exactement les positions d'ouverture et de fermeture.

Le nom du fabricant devra constamment rester visible ainsi que les intensité et tension maxima prévues.

e. Dans les distributions à potentiel constant les interrupteurs doivent pouvoir supporter, sans détérioration, un courant double de l'intensité normale, sous une tension de 25 pour 100 plus élevée que celle prévue.

f. Les contacts seront parfaits et les manœuvres cependant faciles. Le mouvement d'ouverture une fois commencé doit se terminer de lui-même.

g. Dans les distributions à intensité constante, la palette de l'interrupteur ouvert devra rester en contact avec les fils principaux : ce sont les fils de branchement qui devront se trouver séparés.

La manœuvre d'ouverture doit toujours tendre à se terminer automatiquement; elle ne donnera jamais lieu à la production d'un arc persistant. On doit se rendre compte d'un seul coup d'œil si un interrupteur est *ouvert* ou *fermé*.

44. *Coupe-circuits et disjoncteurs* (pour la pose consulter les règles nos 17 et 21) :

a. Ces appareils seront montés sur des socles incombustibles isolants et imperméables.

b. Les coupe-circuits seront munis de couvercles qui devront empêcher les projections de métal fondu, hors de l'appareil.

c. Les coupe-circuits doivent fonctionner avec *sûreté* et sous les conditions les plus sévères que l'on puisse rencontrer en pratique; par exemple, on réalisera des courts-circuits et l'on fera supporter à ces appareils des intensités doubles du courant normal, la tension étant augmentée de 25 pour 100.

d. Les prescriptions précédentes, y compris les essais de surcharge, s'appliquent toutes aux disjoncteurs.

e. Le nom du constructeur ainsi que les données de fonctionnement seront toujours indélébiles et très apparents.

45. *Plombs fusibles* (voir les règles nos 17 et 21 concernant leur installation) :

a. Les plombs fusibles auront des prises de contact en métal dur assurant une parfaite communication avec la portion fusible proprement dite.

b. Ils doivent avoir une estampille indiquant les $\frac{8}{10}$ du courant qu'ils peuvent supporter indéfiniment. On laissera ainsi une marge convenable pour une surcharge possible de 25 pour 100 avant fusion.

Avec les plombs fusibles nus, de forme ordinaire et jusqu'à 500 ampères, le courant qui produira la fusion au bout de cinq minutes sera considéré comme correspondant au courant maximum, car on peut admettre que les plombs fusibles atteignent leur température de régime en cinq minutes.

Cette durée sera un peu augmentée pour les plombs destinés à des intensités supérieures à 500 ampères.

On doit tenir compte, dans les expériences, que les plombs fusibles s'échauffent moins lorsqu'ils sont placés en contact avec des parties métalliques de grandes dimensions.

c. Les prises de courant des fusibles porteront, indiquées : l'intensité normale, les initiales du constructeur ou sa marque de fabrique.

46. *Boîtes de coupe-circuits :*

a. Le montage des appareils sera tel qu'il ne puisse se produire d'incendie ou même d'inflammation de matériaux par suite de la fusion des plombs.

On peut placer le plomb fusible dans une boîte incombustible en marbre, en ardoise ou en bois, fermant hermétiquement, de façon que son contenu soit à l'abri des poussières. La fermeture sera réalisée au moyen de pitons ou crochets. Dans le cas où l'on emploierait des boîtes en bois, elles seront doublées d'amiante d'au moins $1^{mm},6$ d'épaisseur, convenablement maintenue appliquée par des taquets.

Les fils et conducteurs n'y pénétreront qu'à travers des douilles en porcelaine, ajustées dans des trous. Un ruban isolant rendra ces ouvertures bien étanches.

47. *Douilles* (voir n° 27) :

a. Aucun conducteur ne doit toucher une douille susceptible de venir communiquer avec des objets métalliques.

b. Les douilles à clé satisferont aux prescriptions imposées pour les interrupteurs (voir n° 43).

48. *Tableau d'interruption :*

a. Ces supports seront disposés de manière à ne pas empêcher de voir les connexions et les appareils, ces derniers étant exclusivement montés sur des socles isolants incombustibles et imperméables.

Les interrupteurs qui peuvent être fixés sur la rosace ne devront jamais être le siège d'arcs permanents; ils seront bipolaires et ouvriront complètement et automatiquement le circuit par un simple déclenchement.

49. *Lampes à arc* (voir la règle n° 19 concernant leur installation) :

a. Les lampes à arc seront disposées de manière à éviter la chute des crayons.

b. Toutes leurs parties accessibles seront soigneusement isolées.

c. Les lampes montées sur des distributions à intensité constante seront individuellement munies d'un interrupteur de mise hors circuit, dont le type devra être *approuvé,* et d'un veilleur automatique.

Sauf s'il est placé sur la lampe elle-même, l'interrupteur ordinaire sera soumis aux prescriptions relatives à ceux des tableaux (voir n° 48).

50. *Pare-étincelles des lampes à arc* (consulter la règle n° 19 *c*) :

a. Les pare-étincelles doivent obturer les orifices des globes de lampes à arc de façon à éviter complètement la sortie des flammèches.

51. *Joints isolants* (voir la règle n° 26 *a*) :

a. Les joints isolants ou suspensions isolantes pour lustres, etc., doivent être résistants au point de vue mécanique et ne pas s'altérer en présence du gaz à la pression ordinaire des conduites.

L'humidité ne doit pas rendre illusoire l'isolation de ces joints qui doivent présenter une résistance minimum de 250 000 ohms entre les lustres et les tuyaux de fixation.

b. L'emploi du caoutchouc, dans la composition des joints isolants, est prohibé.

52. *Boîtes de résistances et régulateurs* (consulter la règle n° 4) :

a. Ces accessoires seront montés sur des socles métalliques ou incombustibles.

Les socles comprennent l'ensemble des boîtes et enveloppes dans lesquelles sont logées les résistances.

53. *Bobines de réactance et condensateurs :*

a. Les bobines de réactance ou de self-induction doivent être envisagées, au point de vue précautions à prendre, comme des rhéostats et traités de même au point de vue courant et tension.

b. Condensateurs (mêmes instructions).

54. *Transformateurs* (voir les règles nos 11 et 33 au sujet de leur installation) :

a. Les transformateurs seront placés dans des caisses métalliques ou tout autre abri incombustible.

55. *Parafoudres* (installation, voir règle n° 5) :

a. Les socles des parafoudres seront incombustibles. L'arc ne subsistera pas après décharge atmosphérique. Les parafoudres n'auront pas d'organe mobile.

Classe E. — Recommandations diverses.

56. *Résistance d'isolement :*

Dans tout montage on évitera les communications avec la terre.

L'isolement imposé tant entre les conducteurs qu'entre ceux-ci et la terre est fixé par le Tableau suivant :

Installations.		Isolement imposé.
	amp	mégohms
Jusqu'à	5	4
»	10	2
»	25	800 000 ohms
»	50	400 000
»	100	200 000
»	200	100 000
»	400	50 000
»	800	25 000
»	1600	12 500

(Les douilles et attaches ne sont pas comprises dans les isolements imposés.)

Lorsque l'on procède à une vérification tous les coupe-circuits et appareils de sécurité doivent être en place.

Quand les douilles et attaches sont raccordées aux circuits, les isolements ci-dessus prescrits peuvent être réduits de moitié.

57. *Protection contre les courants étrangers à l'installation :*

a. Si des fils télégraphiques, téléphoniques, etc., reliés à un réseau sont placés dans le voisinage des lignes de lumière, ou de transport d'énergie, ces conducteurs seront logés dans des tubes imperméables, clos, et seront incombustibles.

b. Tous conducteurs aériens ou souterrains, raccordés à des fils aériens, reliés à des circuits téléphoniques, télégraphiques, avertisseurs d'incendie, distribution de l'heure, etc. seront protégés à leur entrée dans les bâtiments par des dispositifs permettant la mise en court-circuit des appareils en cas d'augmentation dangereuse de tension, par suite de mélanges, etc.

On se rappellera qu'un mélange entre des fils aériens de lumière et téléphoniques, par exemple, peut rendre ces derniers dangereux.

Les appareils de protection seront montés sur un socle incombustible et enfermés sous clef.

I. On les installera au point de pénétration des fils dans les bâtiments, soit à l'intérieur soit à l'extérieur de ces derniers. Si l'appareil est situé au dehors il sera enfermé dans une boîte métallique étanche.

II. L'appareil, étant installé à l'intérieur, sera relié aux fils de lignes par des conducteurs isolés et incombustibles comme ceux employés pour les circuits d'éclairage (règle n° 40 *a*). Les traversées des murs seront protégées également comme s'il s'agissait de fils de lumière.

III. Le fil reliant la ligne extérieure à la boîte de protection sera soumis aux règles des fils de haut potentiel.

IV. Les conducteurs allant aux fils de terre seront isolés et auront un diamètre correspondant au moins à celui du n° 16 de la jauge B et S ($1^{mm},3$). On les séparera des autres fils qui ne devront pas en être rapprochés de plus de 8^{cm}. Les crochets de pose seront isolants et le trajet jusqu'à la plaque de terre sera le plus en ligne droite possible, sans coudes ni courbures.

V. Le fil de terre sera soudé, si possible, sur une conduite d'eau ou à défaut sur une conduite de gaz. Dans le cas contraire, on prendra la terre avec une plaque ou un faisceau de fils enfoncés dans un sol entretenu humide.

58. *Allumage électrique du gaz :*

Quand on allume électriquement le gaz sur des appareils servant en même temps à l'éclairage électrique, on doit obéir aux prescriptions suivantes :

a. Aucune partie de la tuyauterie de gaz ou des appareils ne doit être en communication électrique avec le circuit d'allumage du gaz;

b. Les fils employés au montage seront ininflammables. Dans le cas où les fils d'allumage sont dissimulés, on doit employer du fil à lumière;

c. On ne permet pas les retours par la terre, ni des terres accidentelles dans ce genre de montage;

d. Les deux genres d'installation, allumage de gaz et éclairage électrique, n'auront pas de fils communs et auront entre elles un isolement élevé.

59. *Liquides décapants pour soudures :*

a. On recommande l'emploi de la composition suivante :

Solution saturée de chlorure de zinc cristallisé ...	5 parties
Alcool	4 »
Glycérine	1 »

MATÉRIAUX APPROUVÉS.

Fils. — Voici la liste des fils remplissant les conditions énumérées au n° 40 *a.* Les bureaux de l'inspection tiennent à la disposition les résultats des essais effectués sur ces fils et sur d'autres.

(Suit une nomenclature de divers produits fournis au commerce, par des maisons américaines.)

Liste des matières incombustibles, isolantes et non absorbantes.

1. Verre.
2. Marbre poli et dense.
3. Ardoise exempte de veines métalliques.
4. Porcelaine, émaillée et complètement vitrifiée.
5. Mica pur en feuilles.
6. Certaines espèces de lave.
7. Pierre (variété dite *Albereu*).

Pour faire admettre une autre substance dans ces listes on devra la soumettre à l'examen du bureau d'inspection avant de la mettre dans le commerce.

Conduits isolants armés de fer :

Les conduits armés de fer ou d'acier confectionnés par les Sociétés suivantes ont donné de bons résultats dans la pratique et aux essais :

Interior conduit and Insulation C°.
Armorite C°.
Clifton Manufacturing C°.
Consolidated tube C°.

Tuyaux flexibles (voir n° 24 *t*) :

On peut employer, pour se conformer aux prescriptions du n° 24 *t*, les tubes de l'*American circular Loom* (Société de tissage).

Classe F. — Travaux à bord des navires.

60. *Dynamos génératrices :*

a. Ces machines seront installées dans des locaux secs.

b. Leurs socles seront isolés de la plaque de fondation.

c. Pendant la période d'arrêt, les génératrices seront recouvertes d'une housse imperméable.

d. Chaque machine portera une plaque d'identité indiquant le nom du constructeur et les données de fonctionnement : tension, intensité, nombre de tours à la minute.

61. *Fils :*

a. Leur isolant sera d'un modèle *approuvé*. Il sera hydrofuge, incombustible, et aura une épaisseur minimum de 3^{mm}. Il ne sera pas altéré par une élévation de température poussée jusqu'à 93° C.

b. Les fils simples auront un diamètre au moins égal à celui du n° 14, 1^{mm},628, et au plus égal à celui du n° 12 B. S. (2^{mm}). Pour des sections plus élevées, on prendra du câble.

Les fils souples et câbles auront leurs extrémités soudées avant d'être prises sous les bornes.

c. Ils seront toujours sous moulure, sauf aux appareils portatifs et sur les tableaux.

Sur demande spéciale on pourra obtenir des dérogations à ces prescriptions dans les salles de machines.

d. Pour le passage à travers les cloisons ordinaires et les poutres, on garnira les trous avec des tubes en ébonite.

e. Quand il faut traverser des cloisons étanches, on doit installer les fils dans des presse-étoupes.

f. Les joints seront évités le plus possible; quand on ne pourra les éviter on les fera avec soin (voir n° 12 *f*).

62. *Conducteurs volants pour appareils portatifs :*

a. Il seront formés de deux conducteurs câblés d'une section de 14$^{mm^2}$ au moins, et à fort isolement.

Pour les essais d'isolement, voir les prescriptions du n° 40 *a*.

63. *Fils de sonneries et signaux :*

a. Ces conducteurs ne seront jamais placés dans les mêmes conduits ou moulures servant aux fils de lumière.

64. *Dimensions des conducteurs à employer :*

Consulter la Table suivante.

Nos de la jauge Brown et Scharpe.	Section en circulars mils.	Section en millim. carrés.	Nombre de fils.	Nos de ces fils B. et S. Jauge.	Ampères admissibles.
19............	1.288	0,64	»	»	»
18............	1.624	0,81	»	»	3
17............	2.098	1,05	»	»	»
16............	2.583	1,29	»	»	6
15............	3.257	1,62	»	»	»
14............	4.107	2,05	»	»	12
12............	6.530	3,26	»	»	17
»............	9.016	4,51	7	14	21
»............	11.368	5,70	7	18	25
»............	14.336	7,17	7	17	30
»............	18.081	9,04	7	16	35
»............	22.799	11,40	7	15	40
»............	30.856	15,43	19	18	50
»............	38.912	19,45	19	17	60
»............	49.077	24,53	19	16	70
»............	60.088	30,04	37	18	85
»............	75.776	37,88	37	17	100
»............	99.064	49,53	61	18	120
»............	124.928	62,46	61	17	145
»............	157.563	78,78	61	16	170
»............	198.677	99,34	61	15	200
»............	250.527	125,26	61	14	235
»............	296.387	148,19	91	15	270
»............	373.737	186,87	91	14	320
»............	413.939	206,92	127	15	340

Chaque fois qu'on a besoin d'une section supérieure à celle du n° 12 de la *jauge B. S.*, on emploie plusieurs conducteurs plus petits, câblés en hélices opposées en passant d'une couche à l'autre à partir du fil central ou âme.

65. *Tableaux :*

a. Ils seront en marbre ou ardoise ou en autre matière isolante et non hygroscopique.

b. On les placera à l'abri de l'humidité; ils seront accessibles dans toutes leurs parties.

c. Ils comporteront un interrupteur principal, un coupe-circuit principal et un ampèremètre, pour chaque groupe de machines; le voltmètre et l'indicateur de terres servant au besoin pour tous les circuits.

d. Au départ de chaque circuit, il faut un interrupteur bipolaire et un coupe-circuit.

66. *Rhéostats :*

a. Ils seront incombustibles.

b. Ils seront éloignés des matériaux inflammables.

c. On assurera leur ventilation.

67. *Interrupteurs :*

a. Leurs socles seronts isolants, incombustibles et hydrofuges.

b. Ils devront pouvoir supporter les surcharges dont on a parlé pour les interrupteurs en général, et porter le nom du constructeur ainsi que leurs conditions maximum d'usage.

c. Tout interrupteur alimentant un circuit de plus de 6 lampes de 16 bougies sera bipolaire.

d. Les interrupteurs exposés à des vapeurs seront enfermés dans des boîtes hermétiques.

68. *Coupe-circuits :*

a. Ils auront des socles isolants et incombustibles.

b. (Voir n° 44 *d.*)

c. A chaque changement de section des câbles on placera un coupe-circuit.

d. On emploiera des coupe-circuits hermétiques et incombustibles sur le pont, dans les chaufferies, les cales, etc. Ils n'alimenteront pas plus de 6 lampes de 16 bougies, ou leur équivalent en ampères.

e. Quand les coupe-circuits ne pourront être groupés dans un poste, on les placera dans une armoire doublée de matières ignifuges.

f. On aura des coupe-circuits par chaque groupe de 6 lampes ou leur équivalent en ampères, sauf pour les moteurs, projecteurs, etc.

69. *Appareillage :*

a. Les accessoires seront montés sur des socles isolants qui recevront deux couches de peinture, céruse ou gomme laque.

b. Les appareils exposés aux vapeurs seront munis de globes hermétiques.

c. Les lampes exposées aux chocs seront entourées d'une grille solide.

d. Les fils de liaison auront le même genre d'isolement que les conducteurs souples des appareils portatifs.

70. *Douilles de lampes :*

Les douilles seront parfaitement isolées des conducteurs qui y aboutissent.

71. *Moulures en bois :*

a. Les moulures seront recouvertes de deux couches de céruse ou de gomme laque.

b. Comme le n° 42 *b.*

c. Dans le passage des rivets, cornières, etc., les moulures seront protégées et séparées de ces pièces par une semelle isolante.

d. Les couvercles seront fixés au moyen de vis en laiton.

72. *Moteurs :*

a. Le montage des conducteurs sera exécuté avec les mêmes soins que pour l'éclairage.

Les moteurs et leurs rhéostats seront protégés par des coupe-circuits bipolaires. Les interrupteurs seront bipolaires sauf pour les petits moteurs de moins de $\frac{1}{4}$ de cheval.

Les fils dérivés devront pouvoir supporter un courant double du courant normal.

b. Les moteurs seront isolés de la terre ou de la masse métallique des navires. Ils seront assis sur des socles en bois dur et injectés de créosote, isolés eux-mêmes par des cales en fibre, ébonite, etc.

c. Pendant les périodes d'arrêt, les moteurs seront recouverts d'une housse imperméable.

d. Tout moteur aura sa plaque faisant connaître le nom du constructeur et les données de fonctionnement : tension, intensité, nombre de tours à la minute.

GRANDE-BRETAGNE.

RÈGLES DU BOARD OF TRADE RELATIVES A L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

(Actes de 1882 et 1888. — Règlement 18).

DÉFINITIONS.

Dans les règles qui suivent, le mot *Règlement* veut dire *Règlement de* (*Order*)....

L'expression *entrepreneur* signifie les entrepreneurs chargés de distribuer l'énergie d'après ce règlement.

L'expression *ligne du consommateur* désigne toute ligne se trouvant dans l'établissement du consommateur et mise en communication par les bornes avec les lignes de service des entrepreneurs.

Par *conducteur aérien* on entendra tout conducteur placé au-dessus de la surface du sol et en plein air.

L'expression *tension* veut dire la différence de potentiel électrique entre deux fils quelconques, qui distribuent de l'énergie électrique, ou encore entre l'un quelconque de ces deux fils et la terre et :

a. Si les conditions de la distribution sont telles que la tension peut, à un instant quelconque, excéder 500 volts pour le courant continu, et 250 volts pour le courant alternatif, sans dépasser 3000 volts pour l'un et l'autre de ces courants, la distribution est dite à *haute tension;*

b. Si la tension peut dépasser 3000 volts, la distribution est dite à *extra-haute tension*.

Les expressions *haute tension* et *extra-haute tension* sont employées respectivement pour les lignes électriques, conducteurs, circuits et appareils suivant les conditions de la distribution au moyen de ces lignes et appareils ou d'une de leurs parties.

Lorsqu'il résulte du présent règlement qu'une masse métallique doit être *reliée efficacement à la terre*, cette masse métallique sera mise en communication avec la terre de façon à assurer en tout temps une décharge immédiate et sans danger de l'énergie électrique.

Les autres expressions qui ont été définies dans le Règlement ou dans les Actes mentionnés plus haut conservent le même sens dans les règles présentes.

A. — Règlement pour assurer la sécurité du public.

GÉNÉRALITÉS.

1. *Tension de distribution aux consommateurs.* — La tension de distribution à un consommateur quelconque ne pourra excéder 250 volts aux bornes, à moins d'une autorisation expresse du Board of Trade. Cette autorisation ne pourra être accordée que dans un but spécial et sur la demande du consommateur et des entrepreneurs; dans ce cas, la distribution sera sujette à toute réglementation ultérieure que le Board of Trade pourra juger utile de prescrire.

2. *Tension de la distribution aux bornes des appareils de transformation.* — La tension de distribution à une station de transformateurs ou à un appareil de transformation placé chez un consommateur pourra dépasser 250 volts, mais ne pourra dépasser la limite supérieure d'une distribution à haute tension.

3. *Limite de la distribution à extra-haute tension.* — L'emploi de l'extra-haute tension est limité aux stations de distribution ou autres locaux occupés uniquement par les entrepreneurs et sur le consentement écrit du Board of Trade; cette distribution reste soumise à toutes les règles et conditions que le Board pourra édicter ultérieurement.

4. *Courant maximum dans les conducteurs.* — Le courant maximum normal dans un conducteur quelconque ne devra jamais être assez intense pour élever, en un point quelconque, la température de ce conducteur, de façon à altérer sensiblement les conditions physiques et la résistance spécifique de l'isolant s'il en existe; en aucun cas l'élévation de température ne devra dépasser 30° Fahr. (16°, 5 C.). Aux jonctions, la section et la conductibilité devront être suffisantes pour éviter l'échauffement local; les joints devront être protégés contre toute corrosion.

5. *Dimension minima des conducteurs.* — La section droite d'un conducteur dans une ligne électrique quelconque, aérienne ou souterraine, placée

dans une rue à partir de la publication des présentes règles, ne pourra être moindre que la section d'un cercle de $\frac{1}{10}$ de pouce ($2^{mm},54$) de diamètre ; si le conducteur est un câble, chaque fil devra être au moins aussi fort que le fil n° 20 de la *Standard Wire Gauge* ($0^{mm},9$).

6. *Spécification des matières servant à l'isolement.* — Toutes les matières employées pour l'isolement des lignes électriques ou des appareils seront de première qualité, tout à fait durables, et efficaces eu égard aux conditions de leur emploi. L'isolant devra être efficacement protégé contre toute détérioration. Si la protection prévue est en tout ou en partie métallique, cette enveloppe métallique devra être reliée efficacement à la terre.

7. *Essais d'isolement des lignes électriques.* — Toute ligne électrique sera essayée au point de vue de l'isolement après avoir été mise en place, et avant d'être mise en service. La tension employée pour ces essais devra être au moins de 200 volts et les entrepreneurs devront enregistrer les résultats des essais de chaque ligne ou section de ligne.

8. *Conservation de l'isolement.* — Tout circuit complet de distribution d'énergie, y compris toutes les machines, appareils et objets faisant partie dudit circuit ou y étant reliés, sera maintenu dans un état d'isolement tel que le courant de perte ne puisse en aucune condition excéder le millième du courant total maximum fourni. Des moyens seront prévus pour déceler et localiser immédiatement les pertes.

Toute perte devra être réparée sans retard.

L'isolement de chaque circuit complet sera relevé au moins une fois par semaine et les entrepreneurs devront tenir un registre des résultats des essais.

Si le Board of Trade a autorisé la mise à la terre d'une portion quelconque d'un circuit électrique quelconque, les dispositions du présent article ne sauraient s'appliquer audit circuit tant que la mise à la terre subsistera.

9. *Les conducteurs à haute tension doivent être recouverts.* — Tout conducteur posé après la date du présent règlement devra être recouvert sur toute sa surface d'un isolant dont l'épaisseur sera au moins de $\frac{1}{10}$ de pouce ($2^{mm},54$), et si la tension la plus élevée du circuit dépasse 2000 volts, l'épaisseur de l'isolant ne devra pas être inférieure en pouces et fraction de pouce au quotient du nombre de volts par 20 000 (¹).

10. *Essai d'isolement de toutes les parties d'un réseau à haute tension.* — Aucun circuit de haute tension ne sera mis en service à moins que l'isolement de toutes ses parties n'ait résisté à l'application continue, pendant une heure, d'une tension supérieure à la tension maximum à laquelle travaillera le câble. La tension pour les essais des lignes sera double de la

---

(¹) D'après cette règle, pour obtenir l'épaisseur de l'isolant en millimètres, on multipliera le voltage par 0,00127.

tension normale, et pour les essais des machines ou autres appareils la tension dépassera de 50 pour 100 la tension normale.

Les entrepreneurs devront enregistrer les résultats de chaque essai.

11. *Coupe-circuit brusque pour les lignes de haute tension.* — Toute ligne électrique, tout conducteur, tout appareil quelconque de haute tension sera protégé par un coupe-circuit automatique et à action rapide approprié.

Il est entendu dans le cas d'une canalisation concentrique que les entrepreneurs ne seront pas tenus de poser de coupe-circuit automatique sur le conducteur extérieur, quand le Board of Trade en aura autorisé la mise à la terre.

12. *Transformateurs.* — Dans tous les cas où le courant de haute tension est transformé pour être distribué à un ou à plusieurs consommateurs, un système quelconque approprié qui devra être automatique et instantané, sera prévu pour protéger la ligne du consommateur de tout contact accidentel avec la haute tension ou de toute dérivation qui pourrait se produire à l'intérieur ou à l'extérieur du transformateur.

13. *Limites de la puissance dans les lignes de haute tension.* — Une ligne électrique de haute tension ne devra pas servir à transmettre plus de 300000 watts, et dans le cas d'une ligne aérienne plus de 50000 watts, sans le consentement écrit du Board of Trade; des mesures efficaces devront être prises pour éviter qu'à aucun moment ces limites supérieures ne soient dépassées.

14. *Protection contre la foudre.* — Toute portion de ligne électrique ou tout support de ligne exposé aux effets de la foudre devra être protégé d'une manière efficace contre ces effets.

15. *Les accidents doivent être rapportés au Board of Trade.* — Les entrepreneurs devront signaler immédiatement au Board of Trade toute explosion ou incendie, et, en général, tout accident ayant causé ou pu causer la mort ou des blessures, survenu en un point quelconque du réseau ou de l'usine électrique.

LIGNES AÉRIENNES CONSTRUITES AVEC LES AUTORISATIONS NÉCESSAIRES.

16. *Intervalle maximum entre les supports.* — Toute ligne aérienne sera fixée aux supports à intervalles de 200 pieds (61^{m}) au plus dans les alignements droits, et 150 pieds ($45^{m},60$) dans les courbes ou coudes.

17. *Supports* (*Construction et érection des*). — Tout support de ligne aérienne devra être constitué par une substance durable, et convenablement étayé contre les forces dues à la pression du vent, au changement de direction de la ligne ou à l'inégalité des portées. Le facteur de sécurité sera pour les lignes aériennes et fils porteurs au moins 6, et pour les autres parties de la construction au moins 12, en prenant la pression du

vent maxima comme égale à 50 livres par pied carré (environ 250^{kg} par mètre carré). On ne tiendra pas compte de la surcharge possible provenant de la neige. Tout support métallique sera mis à la terre.

18. *Attache des lignes aériennes.* — Les lignes aériennes seront attachées aux isolateurs et seront fixées de façon à ne pouvoir s'échapper du support. Les câbles conducteurs isolés ne devront pas être fixés à l'isolateur par des attaches métalliques non isolées.

19. *Hauteur au-dessus du sol et distance des édifices, etc.* — Une ligne aérienne ne devra en aucun point être placée à moins de 18 pieds (5^{m},50) au-dessus du sol, et de 30 pieds (1) dans les croisements de rues (9^{m},15). La ligne devra être séparée de tout édifice ou construction autre que les supports, par une longueur de 5 pieds horizontalement (1^{m},55) ou 7 pieds verticalement (2^{m},15). Exception est faite pour les édifices dans lesquels les lignes pénètrent pour les besoins de la distribution.

20. *Branchements sur les lignes aériennes.* — Les branchements pris sur les lignes aériennes seront conduits aussi directement que possible à des isolateurs fixés solidement en un point du domicile du consommateur. Ce point devra être inaccessible sans le secours d'une échelle ou tout autre appareil spécial. A partir de ces isolateurs, le branchement sera enfermé et protégé comme il est indiqué dans les règles suivantes qui concernent les lignes électriques chez le consommateur.

Toute portion de branchement qui se trouve en dehors d'une construction, mais à moins de 7 pieds de distance (1^{m},55) sera complètement enveloppée d'une gaine solide en caoutchouc.

21. *Angle de croisement des voies de passage.* — A la traversée des rues, l'angle de la ligne et de l'axe de la rue ne devra pas être moindre que 60° et la portée sera aussi faible que possible.

22. *Croisement de lignes, etc.* — Quand une ligne aérienne passe dans le voisinage d'un corps métallique, des précautions seront prises par les entrepreneurs pour empêcher tout contact du métal et de la ligne, par suite de rupture ou autrement.

23. *Fils porteurs.* — Toute ligne aérienne à haute tension sera convenablement suspendue par le moyen de ligatures isolantes aux fils porteurs, de façon que le poids de la ligne ne produise aucun effort sensible dans le sens de la longueur. Tous les fils porteurs en fer ou en acier seront galvanisés.

24. *Mise hors circuit en cas d'incendie.* — Si la longueur totale d'une ligne aérienne de haute tension dépasse le demi-mille, on devra prévoir des moyens pour mettre hors circuit rapidement toute portion de la ligne située en face ou au-dessus d'un ou plusieurs édifices, en cas d'incendie ou autre accident.

---

(1) Dans le Comté de Londres 20 pieds et 35 pieds (note du B. O. T.).

25. *Entretien.* — Toute ligne aérienne ainsi que les supports, les constructions et l'appareillage qui en font partie ou lui sont reliés seront dûment et efficacement surveillés et entretenus, au point de vue électrique et mécanique.

26. *Les lignes aériennes non utilisées doivent être enlevées.* — Aucune ligne aérienne ne devra subsister quand elle aura cessé d'être en service, à moins que les entrepreneurs n'entendent l'utiliser à nouveau dans un laps de temps raisonnable.

LIGNES ÉLECTRIQUES AUTRES QUE LES LIGNES AÉRIENNES.

27. *Construction des conduites pour lignes électriques.* — Les conduites, tuyaux, caniveaux ou boîtes de jonction employés pour recevoir une ligne électrique seront construits en matériaux durables. Sous les chemins à l'usage des voitures, ils devront être largement suffisants pour éviter tout accident pouvant provenir du passage des lourdes charges. Les moyens convenables seront pris par les entrepreneurs pour éviter l'accumulation du gaz dans ces conduites.

28. *Traversée des tuyaux, etc.* — Quand une ligne électrique se trouve dans le voisinage d'un corps métallique, des précautions spéciales seront prises par les entrepreneurs pour éviter la possibilité d'une décharge électrique entre ces corps métalliques et la ligne ou tout conduit ou caniveau métallique appartenant à la ligne.

29. *Continuité électrique des conduites, tuyaux ou caniveaux en métal.* — Les conduites, tuyaux ou caniveaux métalliques contenant une ligne électrique seront reliés efficacement à la terre ; au droit des regards ou autres ouvertures, ils seront munis de joints et de connexions tels que toute leur longueur forme un ensemble parfaitement conducteur de l'électricité.

30. *Précautions contre la charge de faibles longueurs de tuyaux.* — Quand des portions isolées de conduites, tuyaux ou caniveaux métalliques de faible longueur sont employés pour la protection d'une ligne électrique dans la traversée des routes ou dans les cas analogues, des précautions spéciales seront prises pour éviter qu'ils ne puissent se charger électriquement.

31. *Précautions à prendre dans le cas où l'on emploie les conducteurs nus.* — Les conducteurs nus placés dans une conduite quelconque seront fixés de manière à éviter tout déplacement ; aucun corps conducteur non isolé ne pourra subsister dans la conduite, à moins d'y être également fixé. Aucun conducteur de cette nature ne pourra être porté à un potentiel supérieur à 300 volts.

Des précautions suffisantes seront prises également pour empêcher l'accumulation de l'eau en un point quelconque de la conduite, et pour éviter tout accès dangereux de l'humidité aux conducteurs ou aux isolateurs.

Pour toute ligne électrique posée après la publication des présentes règles, les isolateurs devront être facilement accessibles.

32. *Lignes de haute tension placées au-dessus du sol.* — Toute portion d'une ligne électrique à haute tension placée à la surface du sol (ou dans une conduite souterraine, qui n'appartient pas uniquement aux entrepreneurs), sera complètement entourée d'un tube de matière très isolante, enfermé dans un caniveau en briques, en maçonnerie ou en béton de ciment, ou dans un conduit solide en métal qui sera relié efficacement à la terre.

33. *Lignes de haute tension à proximité d'autres lignes ou de la surface du sol.* — Quand une ligne électrique est placée dans le voisinage du sol, des moyens convenables seront pris pour que la surface du sol ou les lignes ou conducteurs du voisinage ne puissent être chargés par les fuites qui pourraient se produire sur la ligne à haute tension.

34. *Regards.* — En addition aux dispositions contenues dans la règle 27 concernant la construction des conduites pour lignes électriques, on devra suivre les règles suivantes en ce qui concerne la construction des regards :

a. Les couvercles de tous les regards ne pourront être ouverts que par le moyen d'un outil spécial.

b. Les couvercles des regards contenant un appareil de haute tension autre que les câbles doivent être munis de barres de métal placées immédiatement en dessous du chemin voisin, et les moyens convenables seront pris pour empêcher que le couvercle ou les autres parties accessibles de ces boîtes ou toute autre matière formant la surface de la rue au voisinage ne prenne une charge électrique à cause d'une fuite ou d'un défaut quelconque, ou autrement.

c. Dans les regards employés comme chambre de transformateurs, des mesures convenables seront prises pour empêcher, autant que possible, toute infiltration provenant soit du sol, soit de conduites d'eau. Si la capacité du regard dépasse 1 yard cube ($0^{mc},764$), des dispositions efficaces seront prises pour chasser par ventilation ou autrement les gaz qui auraient pu accidentellement pénétrer dans la boîte et pour éviter les dangers des étincelles.

d. Tous les regards seront régulièrement visités au point de vue de la présence du gaz, et si une infiltration quelconque ou une accumulation est découverte, les entrepreneurs en donneront immédiatement avis à l'autorité ou à la Compagnie dont les conduites sont placées au voisinage.

STATIONS DE TRANSFORMATION.

35. *Stations de transformation.* — Les stations de transformation ou les appareils au moyen desquels on transforme l'énergie à haute tension pour la distribuer, et qui ne sont pas installés chez les consommateurs, seront

établis dans des locaux appropriés et occupés uniquement par les entrepreneurs.

DOMICILE DU CONSOMMATEUR.

36. *Responsabilité des entrepreneurs au point de vue de leurs lignes, etc., au domicile du consommateur.* — Les entrepreneurs seront responsables du bon fonctionnement et de l'entretien des lignes électriques, appareils, instruments leur appartenant ou contrôlés par eux qui pourraient être placés dans les locaux occupés par le consommateur.

37. *Risques d'incendie.* — En fournissant l'énergie aux bornes de l'installation du consommateur, les entrepreneurs prendront toutes les précautions nécessaires pour éviter tout danger d'incendie.

38. *Les plombs fusibles ou disjoncteurs de la ligne doivent être placés dans un emplacement fermé.* — Un coupe-circuit fusible ou tout autre disjoncteur automatique, placé dans une caisse incombustible fermée à clef ou plombée, sera intercalé sur chaque ligne de service, aussi près que possible du point d'entrée de la ligne, sauf le cas où la ligne de service est protégée par des plombs fusibles placés dans le regard.

39. *Des lignes électriques et des appareils placés dans l'immeuble du consommateur.* — Toutes les lignes électriques placées chez le consommateur seront fortement isolées et seront complètement garanties contre toute détérioration de l'isolant ou contre les atteintes de l'humidité ; aucune pièce métallique faisant partie du circuit électrique et non reliée à la terre ne devra être accessible. Toutes les lignes électriques seront fixées et protégées de façon à empêcher la possibilité d'une décharge électrique sur les corps métalliques voisins.

40. *Les transformateurs et les appareils de haute tension doivent être enfermés dans une boîte métallique.* — Quand la distribution générale de l'énergie se fait à haute tension et que l'appareil transformateur est installé dans l'immeuble du consommateur, l'ensemble des branchements à haute tension, conducteurs et appareils, y compris l'appareil transformateur lui-même, en ce qui le concerne, installés dans cet immeuble, sera enfermé dans des murs solides ou dans des boîtes métalliques solides efficacement reliées à la terre et soigneusement fixées.

41. *L'installation du consommateur ne doit pas être reliée au réseau s'il y a lieu de craindre les pertes.* — Les entrepreneurs ne devront pas relier les fils et appareils de l'installation du consommateur avec leurs lignes, à moins d'être convenablement assurés que la perte de courant provenant des fils et appareils du consommateur n'excédera pas un dix-millième du courant maximum fourni. Lorsque, pour ce motif, les entrepreneurs refuseront de relier l'installation au réseau, ils devront remettre au consommateur une Note exposant les motifs de leur refus.

42. *Suppression du courant à la suite de la découverte d'une perte dans l'installation du consommateur.* — Si les entrepreneurs se sont con-

vaincus, après examen spécial de l'installation du consommateur, au moyen d'essais ou autrement, qu'un défaut dangereux existe en un point du circuit et que ce défaut n'a pas son siège sur le circuit leur appartenant, tout employé des entrepreneurs, dûment muni de leur autorisation écrite, ou, si les entrepreneurs le demandent, un inspecteur des services électriques peut sommer le consommateur d'avoir à lui permettre, après avis préalable et un délai raisonnable, d'inspecter et d'essayer les fils et les appareils appartenant au consommateur et faisant partie du circuit, afin de rechercher le défaut. Les entrepreneurs qui réclameront les services d'un inspecteur, conformément à ce qui vient d'être dit, suivant la règle, auront à lui payer les honoraires fixés.

Si l'employé ou l'inspecteur des services électriques découvre chez le consommateur une perte de courant excédant la dix-millième partie du courant maximum fourni à l'installation, ou si le consommateur ne donne pas toutes les facilités désirables pour l'inspection et les essais, les entrepreneurs arrêteront la fourniture de l'énergie à l'établissement en question, en donnant avis écrit au consommateur de l'interruption de la fourniture. Ils ne recommenceront à fournir l'énergie que lorsqu'ils se seront assurés que la perte à la terre a disparu.

Le présent article ne restreint, en aucune façon, la faculté qu'ont les entrepreneurs, d'après le règlement, d'arrêter la fourniture du courant.

43. *Appel à un inspecteur des services électriques.* — Tout consommateur non satisfait de l'interruption du courant par les entrepreneurs ou de leur refus de lui fournir à nouveau l'énergie peut, sur sa demande et en payant les honoraires fixés, faire examiner ses fils et appareils par un inspecteur des services électriques, pour rechercher si une perte existe.

Cette règle s'appliquera à toute notification faite en vertu de l'article précédent.

ÉCLAIRAGE PAR ARC.

44. *Les lampes à arcs doivent être protégées.* — Toute lampe à arc sera protégée de façon à empêcher les fragments de charbon incandescent ou les débris de verre de tomber. On ne pourra faire usage d'un arc dans les endroits où il y a un danger quelconque de production d'un gaz ou d'une poussière inflammable.

45. *Hauteur au-dessus du sol.* — Les lampes à arc employées dans les rues pour l'éclairage public seront installées à une hauteur minima de 10 pieds ($3^{m},04$) au-dessus du sol.

46. *Interrupteur pour mise hors circuit.* — Les lampes à arc employées dans les rues pour un éclairage privé ne devront, en aucun point, être à une hauteur inférieure à 8 pieds ($2^{m},44$) au-dessus du sol et devront porter des écrans convenables pour empêcher tout contact avec les personnes. Toute lampe à arc faisant partie d'un circuit de haute tension sera munie

d'un interrupteur placé dans un réceptacle fermé, et ce coupe-circuit sera établi et construit de telle sorte :

a. Que la lampe puisse par son moyen être complètement isolée du circuit de distribution;

b. Que l'interrupteur puisse lui-même être manœuvré dans l'obscurité sans précautions spéciales;

c. Qu'il n'y ait aucun danger de production d'arc, d'étincelles ou d'échauffement par suite de sa manœuvre.

Pénalités pour les contraventions. — Si les entrepreneurs contreviennent à l'un des articles précédents, ils pourront, après constatation, être punis d'une amende ne dépassant pas £ 10 (250fr) pour chaque contravention et à une amende journalière ne dépassant pas £ 10.

Le payement d'une amende infligée conformément à ces articles ne saurait couvrir la responsabilité des entrepreneurs au point de vue des dommages ou accidents causés en raison de la faute commise.

B. — Règles pour assurer un débit convenable et suffisant de l'énergie électrique.

1. *Notification de l'intention de distribuer l'énergie sur une ligne.* — Quarante-huit heures au moins avant la mise en service d'une ligne quelconque de charge, d'alimentation ou de distribution, les entrepreneurs devront donner avis, aux autorités locales, de leur intention de commencer la fourniture de l'énergie.

2. *Les entrepreneurs doivent fournir une alimentation constante.* — A partir du moment où les entrepreneurs ont commencé à fournir l'énergie au moyen d'une ligne quelconque de distribution ils devront maintenir un débit suffisant pour alimenter tous les consommateurs durant tout le temps que ceux-ci sont fondés à leur réclamer la fourniture du courant par ladite ligne. Cette fourniture de l'énergie sera maintenue constamment, sauf dans les cas particuliers où il en serait décidé autrement, d'un commun accord, par les autorités locales et les entrepreneurs.

Il est entendu que, pour les besoins des essais, ou pour toute autre nécessité de service, les autorités locales, par qui l'inspecteur des services électriques est désigné, peuvent donner aux entrepreneurs l'autorisation d'arrêter la fourniture à tels intervalles, pour telle durée de temps que les autorités jugeront convenable. Quand la fourniture du courant est ainsi arrêtée, avis de cette interruption et de sa durée probable sera donnée aux autorités.

3. *Disposition concernant l'arrêt.* — Le système des distributeurs principaux sera disposé de façon que, s'il devient nécessaire d'arrêter la fourniture du courant dans une partie quelconque de ces distributeurs, pour plus d'une heure, dans le but d'effectuer des réparations ou pour toute

autre raison, l'arrêt de la fourniture ne pourra, dans aucun cas, excéder une puissance maxima de 200 000 watts, ni s'étendre aux établissements de plus de 80 consommateurs, et dans le cas de tout arrêt dépassant une heure, un avis préalable sera donné par les entrepreneurs à tout consommateur intéressé, sauf le cas d'accident imprévu.

4. *Tension des lignes principales pendant la distribution.* — Pendant tout le temps où les entrepreneurs ont à fournir le courant, conformément au Règlement et aux règles présentes, la distribution aura lieu à une tension constante définie par les présentes règles : *Tension normale.* Mais la tension normale peut être différente pour les diverses portions des distributeurs.

Il est entendu que les entrepreneurs seront considérés comme ayant rempli les conditions requises par les présentes si la tension ne s'écarte pas de plus de 2 pour 100 de la tension normale dans le cas de la distribution générale à haute tension, ou de 3 pour 100 dans les autres cas ; à moins, toutefois, que les changements dans la tension ne se produisent fréquemment, amenant ainsi l'instabilité de la distribution.

5. *Fixation de la tension normale.* — La tension normale sera déterminée par les entrepreneurs, qui devront en fixer le chiffre aux autorités locales avant de commencer la distribution aux consommateurs. Cette tension normale ne pourra être ensuite modifiée que sur l'autorisation des autorités locales, et dans les termes et conditions que ces autorités pourront imposer, et après que le public aura été averti, un mois à l'avance, par les moyens jugés convenables par les autorités locales, de l'intention des entrepreneurs de se faire autoriser à changer ladite tension.

Les entrepreneurs peuvent appeler des décisions des autorités locales au Board of Trade, dont le jugement sera sans appel.

6. *Tension déclarée aux bornes des consommateurs.* — Avant de commencer à donner l'énergie à un consommateur, les entrepreneurs devront lui déclarer la tension à laquelle ils se proposent de lui fournir l'énergie. La tension ainsi déclarée pour les bornes de chaque installation ne pourra, en aucun temps, être modifiée ni changée, sauf en conséquence d'un changement autorisé pour la tension normale correspondante. Dans le cas d'une transformation de l'énergie au domicile du consommateur, les entrepreneurs donneront au consommateur le choix entre deux tensions de distributions différentes, dont l'une sera environ la moitié de l'autre, et, dans ce cas, c'est la tension choisie par le consommateur qui sera appelée *tension constante.*

Il est entendu qu'aucun changement ne sera fait, dans la tension de distribution, pour les établissements qui, à la date des présentes Règles, sont alimentés d'énergie électrique par les entrepreneurs, sans le consentement du consommateur.

7. *Variation de tension aux bornes du consommateur.* — La variation de

tension aux bornes d'un consommateur quelconque ne pourra, en aucun cas, sous aucune condition, dépasser 4 pour 100 de la tension constante déclarée.

8. *Pénalité pour les contraventions.* — Si les entrepreneurs commettent contravention aux présentes Règles concernant la fourniture de l'énergie, ils pourront être, conformément au Règlement, après constatation, condamnés à une amende ne dépassant pas £ 5 (125^{fr}) par chaque contravention, ou à une amende journalière de £ 5 (125^{fr}) au maximum.

Les présentes Règles restent soumises au pouvoir du Board of Trade, qui pourra édicter telles autres Règles qu'il pourra juger utiles. Les entrepreneurs ne pourront s'autoriser d'aucune disposition des présentes Règles pour poser des lignes électriques ou exploiter leurs entreprises sans se conformer au Règlement et à l'Acte principal, ou pour fournir l'énergie autrement que par un système approuvé, pour le moment, par le Board of Trade, suivant le Règlement.

RÈGLEMENT POUR LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES DE LA PAROISSE SAINT-PANCRAS.

(Courants continus : 220 volts, 3 fils.)

1. *Conducteurs.* — Les conducteurs doivent être de cuivre étamé, dont la conductibilité soit au moins 98 pour 100 (étalon de Matthiessen). Leur section doit être telle que la densité de courant soit partout inférieure à 1000 ampères par pouce carré (1,55 ampère par millimètre carré).

2. *Limites de leur section.* — Pas de conducteurs au-dessous du n° 18 (1^{mm},2 de diamètre). Au-dessus du n° 16 (1^{mm},6), ils devront être câblés.

3. *Isolement.* — La résistance d'isolement après une minute d'électrisation ne peut être inférieure à 2500 méghoms par mille (4000 par kilomètre). Les conducteurs sous caoutchouc doivent avoir une couche de caoutchouc pur, une de caoutchouc vulcanisé, le tout convenablement vulcanisé et recouvert d'une tresse, ou autrement protégé contre toute détérioration mécanique.

4. *Conducteurs sous plâtre.* — Les conducteurs sous plâtre doivent être protégés par des tubes en fer ou en porcelaine.

5. *Locaux humides.* — Dans les lieux humides les gaines en porcelaine seront préférées. Si les conducteurs sont sous moulures en bois, un espace de $\frac{3}{8}$ de pouce (1^{cm}) sera laissé entre la muraille et la moulure; de plus les conducteurs devront être sous plomb.

6. *Angles des moulures.* — Les angles des moulures doivent être arrondis pour éviter d'endommager l'isolant.

7. *Conducteurs extérieurs.* — En dehors des bâtiments les conducteurs

seront portés par des isolateurs en porcelaine et séparés par un intervalle de 8 à 10 pouces (20^{cm} à 25^{cm}).

8. *Conducteurs nus.* — Les conducteurs nus sont interdits.

9. Les cavaliers sont interdits.

10. *Épissures soudées à la résine.* — Les épissures seront soudées à la résine; les fers à souder seront décapés à la résine; *l'usage du sel ammoniac est interdit.*

11. *Isolement des épissures. Vulcanisation.* — Après soudure, tout ruban, guipage ou tresse sera enlevé sur une longueur de 2 pouces (5^{cm}) au moins de chaque côté, laissant à nu le caoutchouc. L'épissure et le caoutchouc mis à nu seront recouverts de cinq couches au moins de ruban de caoutchouc pur, et deux (ou plus) de ruban de caoutchouc vulcanisé. Le tout sera soigneusement attaché avec un ruban spécial et imperméable; dans les locaux humides le tout devra être vulcanisé ou rendu par un procédé quelconque imperméable d'une manière permanente. Si la vulcanisation est impossible, le joint fini sera recouvert de vernis à la gomme laque. Les joints au caoutchouc non vulcanisé ne résistent pas à l'humidité d'une manière permanente.

12. *Distance des joints.* — Toute épissure ou branchement doit être au moins à 8 pouces (20^{cm}) des joints de polarité opposée.

13. *Extrémités des conducteurs.* — Les extrémités des câbles ou conducteurs, à la jonction avec les appareils, seront débarrassés sur 1 $\frac{1}{2}$ pouce (3^{cm},7) du ruban ou de la tresse qui les couvre, et le caoutchouc sera mis à nu sur une longueur de 1 $\frac{1}{2}$ pouce (3^{cm},7).

14. *Circuits principaux.* — Si le courant fourni est de plus de 25 ampères, il y aura deux circuits distincts, chacun dans sa moulure, jusqu'au branchement de la canalisation de la paroisse; ces circuits desserviront alternativement chaque étage afin de les éloigner autant que possible l'un de l'autre.

15. *Compteur.* — Une boucle ayant 5 pieds (1^{m},50) de câble non tendu sera réservée sur chaque circuit pour l'insertion du compteur.

16. *Plombs principaux.* — Immédiatement après le compteur l'entrepreneur posera un coupe-circuit fusible sur chaque conducteur. D'autres plombs seront insérés entre l'interrupteur de la paroisse et le compteur.

17. *Plombs timbrés.* — Ces derniers seront d'une section moindre que ceux posés par la paroisse; ils seront constitués par une lame d'étain, porteront une empreinte indiquant le courant normal correspondant et auront au moins 1 $\frac{1}{2}$ pouce (3^{cm},7) de longueur utile.

18. *Deux plombs sur les branchements.* — Chaque branchement sera protégé par deux plombs, un sur chaque pôle, près de son origine.

19. *Tableaux de plombs.* — Si les plombs sont groupés sur un tableau, il y aura deux tableaux, un pour chaque pôle, à 4 pouces (10^{cm}) au moins l'un de l'autre.

20. *Coupe-circuits bipolaires.* — Sous aucun prétexte on n'admettra de coupe-circuits bipolaires.

21. *Fils des coupe-circuits.* — Les fils des coupe-circuits seront en étain et leur section au plus égale à celle des conducteurs qu'ils protègent.

22. *Construction des coupe-circuits.* — Les coupe-circuits seront montés sur porcelaine ou sur vitrite, avec couvercle de même matière. La longueur de rupture sera de trois quarts de pouce (2^{cm}) au moins; une distance au moins égale doit exister entre les pièces métalliques ou conducteurs en rapport avec les deux bornes du plomb.

23. *Pas de coupe-circuits sous les planchers.*

24. *Interrupteurs.* — Tous les interrupteurs voisins doivent être de même polarité. Ils seront à rupture rapide, montés sur porcelaine, vitrite ou ardoise imprégnée de paraffine bouillante. Leur action doit être certaine; ils ne doivent pas pouvoir rester dans une position intermédiaire entre la rupture ou la fermeture franche. Les manettes et couvercles seront isolés.

25. *Interrupteurs pour arcs et pour circuits principaux.* — Les interrupteurs de circuits d'arcs ou de circuits principaux auront au moins 1 pouce ($2^{cm},5$) de longueur de rupture.

26. *Interrupteurs de lampes.* — Les interrupteurs faisant partie de l'appareillage seront bien isolés; leurs manettes ou clefs le seront aussi. Il est interdit de combiner un interrupteur et un plomb.

27. *Nombre de lampes par interrupteur.* — Sans autorisation écrite de l'ingénieur il est interdit de réunir plus de dix lampes de 16 bougies ou leur équivalent sous le même interrupteur. Si une lampe consomme plus que dix lampes de 16 bougies, elle devra avoir son interrupteur propre.

28. *Isolement des lampes à arc.* — Les lampes doivent être suspendues à des isolateurs en porcelaine. Quatre lampes ordinaires doivent être mises en série sur le circuit. Si deux seulement sont nécessaires, elles doivent être d'une construction spéciale.

29. *Les lampes fixes verticales.* — Les lampes à incandescence doivent être fixées de manière que l'ampoule soit verticale; dans toute autre position, il faut employer des lampes dont les filaments soient soutenus.

30. *Rhéostats.* — Toutes les résistances seront montées sur des carcasses en fer éloignées de 18 pouces ($45^{cm},5$) de toute pièce de bois ou autre matière combustible; elles seront protégées par une toile métallique et supportées par des isolateurs. Les conducteurs qui y arrivent doivent être ascendants et être reliés à des bornes à la partie inférieure de la carcasse de manière à éviter tout contact avec des pièces chaudes. Elles doivent être fixées sur des murs de briques et, de préférence, suspendues à l'extérieur des bâtiments.

31. *Interdiction de pièces non couvertes.* — Aucune partie du circuit, ou

des appareils ou pièces métalliques, en rapport avec le circuit, particulièrement des interrupteurs, ne doit être à découvert.

32. *Terres.* — Toute connexion aux conduits d'eau et de gaz, ou à la terre, est interdite.

33. *Éclairage mixte.* — On ne doit pas employer d'appareils mixtes pour éclairage au gaz et à l'électricité, sans autorisation spéciale de l'ingénieur, et les précautions qu'il indiquera.

34. *Boutons, rosaces.* — Les boutons de contact, rosaces et autres appareils de ce genre non mentionnés doivent être montés sur porcelaine ou vitrite, avec couvercle de même nature. Tous les supports en ardoise doivent être imprégnés de cire. Toute porcelaine doit être complètement vitrifiée.

35. *Appareils supprimés. Bouts scellés.* — Si un appareil est enlevé, les extrémités des conducteurs doivent être soigneusement isolées et mises sous scellés; autant que possible on devra enlever les plombs. Les extrémités de tous les fils seront isolées et mises sous scellés.

36. *Isolement de l'ensemble.* — La résistance d'isolement, en ohms, entre la terre et l'installation complète, mesurée aux bornes des plombs de la paroisse, toutes les lampes et appareils étant reliés, sera au moins égale au quotient de dix millions (10000000) par l'intensité en ampères du courant nécessaire pour alimenter l'installation.

37. *Prix des essais.* — Sur l'avis écrit de l'achèvement de l'installation, celle-ci sera examinée et essayée gratuitement. Si cet essai n'est pas satisfaisant, les essais suivants seront payés à raison de 10 schellings ($12^{fr},50$) par essai aux bureaux de l'administration.

38. *Faible isolement.* — Si l'isolement tombe au-dessous de la limite fixée ci-dessus, la paroisse peut, après avis, supprimer la fourniture du courant.

39. *Examen de l'installation.* — La paroisse aura le droit d'exiger que l'entrepreneur découvre tout branchement, enlève toute moulure, fil ou appareil, pour pouvoir examiner si l'installation a été bien faite.

L'entrepreneur rétablira, à ses frais, tout ce qui aura été déplacé pour cet examen.

40. *Augmentation d'éclairage.* — Aucune addition ne sera faite aux appareils existants, après les essais des agents de la paroisse, sans avis préalable donné dans les formes présentées par l'Administration. Sinon le courant pourra être supprimé.

41. *Suppression du courant pendant les réparations.* — Avant de procéder à toute augmentation, changement ou réparation, les interrupteurs principaux seront ouverts, et resteront ainsi jusqu'à l'achèvement des travaux.

42. *Observation des règlements des Compagnies d'Assurance.* — Les tra-

vaux devront être exécutés conformément aux règlements des Compagnies d'Assurance et de l'*Institution of Electrical Engineers.*

43. *Moteurs-rhéostats de démarrage.* — L'enroulement des moteurs sera calculé pour 220 volts; ceux-ci seront munis de rhéostats de démarrage disposés de telle sorte qu'il ne soit pas possible de troubler l'éclairage soit au départ, soit à l'arrêt. Une résistance liquide à variation automatique sera employée de préférence.

44. *Volants.* — Les moteurs pour ascenseurs, grues ou scies, seront munis d'un volant suffisant.

45. *Détails demandés sur les moteurs.* — Avant d'établir un moteur, les renseignements suivants seront communiqués à l'ingénieur : *a*, dessin descriptif de l'appareil de démarrage expliquant son action en détails; *b*, la puissance; *c*, l'usage auquel le moteur est destiné; *d*, le nombre de tours par minute; *e*, le diamètre du volant, sa largeur et son épaisseur.

46. *Courant pour accumulateurs et autres objets.* — Si le courant est employé à la charge d'accumulateurs, ou dans un but particulier, l'installation doit être soumise à l'approbation de l'ingénieur.

47. *Responsabilité.* — La paroisse n'accepte aucune responsabilité pour les travaux faits chez l'abonné, ni pour les pertes et dommages qui pourraient être causés par le feu ou tout autre accident provenant des fils, appareils existant dans les bâtiments.

48. *Modifications.* — La paroisse se réserve le droit de modifier, sans avis préalable, les règles ci-dessus lorsque cela paraîtra nécessaire.

RÈGLES GÉNÉRALES CONCERNANT LA POSE DES CONDUCTEURS DE DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE.

Recommandées par l'Institution des Ingénieurs électriciens de Londres (juillet 1897).

L'exposé des règles qui vont suivre comporte les précautions et recommandations que l'Institution considère comme indispensables à prendre pour arriver à des résultats satisfaisants dans l'installation des conducteurs électriques. Ces prescriptions ont été divisées en quinze Chapitres dont voici la nomenclature :

Conducteurs.

1. Conductibilité et section.
2. Isolement.
3. Joints.
4. Dispositions générales de montage.
5. Précautions spéciales pour les passages des fils à travers les murailles et cloisons.
6. Précautions pour les points de liaison et de branchement.

Montage.

7. Précautions aux attaches des interrupteurs, coupe-circuits, etc.
8. Commutateurs.
9. Tableaux de distribution.
10. Coupe-circuits et plombs fusibles.

Dynamos et appareils d'utilisation.

11. Dynamos et moteurs électriques.
12. Accumulateurs.
13. Transformateurs.
14. Lampes à arc.

Essais.

15. Essais d'isolement de l'ensemble et des diverses parties des installations.

CONDUCTEURS.

CONDUCTIBILITÉ ET SECTION.

1. Les conducteurs seront en *cuivre pur*, d'une conductibilité au moins égale à 100 pour 100 de celle d'un étalon défini par un conducteur de cuivre pur pesant 100 grains ($6^{gr},48$), ayant 100 pouces de long ($2^{m},50$), et ayant à 60° F. (16° C.) une résistance de $0^{ohm},1516$.

Ils seront étamés à l'étain *pur* lorsque l'isolant dont ils seront recouverts contiendra du soufre ou toute autre matière susceptible d'attaquer le cuivre.

Section des conducteurs. — La section des conducteurs sera proportionnée à l'échauffement produit par le passage du courant maximum prévu pour l'alimentation des lampes et autres appareils d'utilisation devant fonctionner simultanément sur le circuit. Dans aucun cas la section des fils ne pourra être inférieure à celle du fil n° 18 de la jauge S. W. G. ($1^{mm},2$). Tout conducteur ayant une section supérieure à celle du fil n° 14 de la jauge S. W. G. (2^{mm}) sera constitué par un câblage de fils de plus petits diamètres.

Températures limites de fonctionnement. — Tous les conducteurs auront une section suffisamment élevée pour que leur température ne puisse jamais dépasser 130° F. (55° C.), lorsque le courant maximum prévu y circulera d'une façon continue.

On trouvera que, généralement, les conducteurs, calculés pour atteindre cette température en fonctionnement continu, provoqueraient une chute de tension inacceptable et onéreuse.

Il est indispensable que la température de 130° F. (55° C.) ne soit jamais dépassée, quelle que soit la température ambiante, qui peut être assez élevée dans certains locaux.

Ainsi, en admettant qu'en Angleterre le maximum de la température ambiante atteigne 100° F. (38° C.), l'augmentation de température provoquée par la circulation du courant dans les conducteurs ne devra pas

dépasser 30° F. (17° C.). Cela revient à dire que le passage du courant maximum, ininterrompu pendant plusieurs heures, ne devra pas élever la température d'un conducteur de plus de 30° F. (17° C.) au-dessus de la température ambiante.

Dans des locaux particulièrement chauds, la section des conducteurs sera suffisamment grande pour que l'échauffement dû au passage du courant soit négligeable. Leur isolant sera constitué de telle sorte qu'il ne puisse se détériorer à la température la plus élevée que les conducteurs pourront avoir à supporter. (Voir *la Table annexée à la fin du présent Règlement.*)

ISOLEMENT.

2. Les conducteurs isolés peuvent se diviser en deux catégories :

A. Ceux qui sont isolés avec des matériaux susceptibles de résister à l'humidité et qui n'ont besoin que d'être mis à l'abri des avaries d'ordre mécanique ou de l'action destructive des moisissures;

B. Ceux qui n'ont qu'un diélectrique, qui doit être maintenu parfaitement sec pour conserver ses qualités isolantes. Ces conducteurs seront logés dans une enveloppe imperméable, telle que gaine de plomb, parfaitement sertie sur le diélectrique.

Quand on emploie des conducteurs isolés faisant partie de la première catégorie (Classe A), il faut que leur diélectrique soit complètement imperméable et qu'il ait une épaisseur radiale au moins égale à 30 mils ($0^{mm},7$) augmentée du $\frac{1}{10}$ du diamètre du conducteur. Le diélectrique ne doit pas se ramollir sous une température de 170° F. (72° C.).

Les isolements minima imposés pour ces conducteurs sont indiqués dans la colonne 7 de la Table annexe; les essais se feront après vingt-quatre heures d'immersion dans l'eau à 60° F. (16° C.), et les lectures au galvanomètre après une durée d'électrisation d'une minute.

Lorsqu'on se servira de conducteurs appartenant à la classe B (2e catégorie), les exigences relatives à la classe A sont les mêmes quant à l'épaisseur d'isolant et quant au degré de mollesse du diélectrique.

Ces conducteurs, essayés à l'eau, devront résister à une tension alternative de 2500 volts (fréquence 40 à 100), maintenue pendant dix minutes entre le conducteur et l'eau. Avant l'immersion, le conducteur à essayer aura subi trois pliages dans un sens et trois pliages en sens contraire, en l'enroulant sur un cylindre lisse d'un diamètre qui ne dépassera pas douze fois le diamètre extérieur du diélectrique entourant le conducteur. Les autres conditions d'essai des bobines ou couronnes de conducteurs sont les mêmes que pour la classe A, mais les isolements minima seront ceux indiqués par la colonne 8 de la Table annexe.

Les conducteurs de la première catégorie doivent être protégés contre les accidents mécaniques par une forte tresse ou des rubans imperméables;

ils seront disposés dans des caniveaux, ou tirés dans des tuyaux ou des conduits.

Quant aux conducteurs de la deuxième catégorie, on prendra grand soin de protéger leurs extrémités (qui s'attachent aux interrupteurs, coupe-circuits et autres appareils) contre l'humidité qui peut s'introduire le long du diélectrique, sous la couverture imperméable.

Conducteurs concentriques. — Tout ce qui a été dit précédemment au sujet des conducteurs simples s'applique aux conducteurs concentriques; pour ces derniers, les isolements du conducteur extérieur seront ceux indiqués pour les conducteurs ordinaires de même diamètre.

L'isolement entre les conducteurs extérieur et intérieur sera toujours le double de l'isolement du conducteur extérieur.

Les essais de pliages, avant les mesures d'isolement, se feront, pour les conducteurs concentriques, en les enroulant sur un cylindre lisse dont le diamètre sera au plus douze fois celui du diélectrique extérieur.

Conducteurs souples. — Les fils et conducteurs souples, c'est-à-dire ceux qui sont obtenus par toronage de fils de diamètre inférieur à celui du n° 29 de la *jauge S. W. G.* ($0^{mm},34$) ne doivent servir que pour relier les appareils portatifs aux conducteurs principaux. Ils doivent être isolés : dans la plupart des cas on les tord ensemble de façon à former un conducteur double.

Le seul isolant autorisé pour ces fils souples est le caoutchouc pur ou le caoutchouc vulcanisé de la meilleure qualité. Si l'on emploie le caoutchouc pur, on en recouvrira le conducteur de deux rubans roulés en sens contraire avec les joints d'un ruban recouverts par l'autre ruban.

L'épaisseur radiale du diélectrique ne sera pas inférieure à 16 mils ($0^{mm},4$) pour des tensions de 125 volts et à 20 mils ($0^{mm},5$) pour les tensions de 250 volts.

Chaque couronne ou bobine de ces conducteurs doubles devra être accompagnée d'un certificat d'essai prouvant qu'une longueur d'un yard ($0^{m},914$) coupée sur cette couronne a résisté à une tension alternative de 1000 volts (fréquence 40 à 100) appliquée entre les deux conducteurs tordus ensemble.

Pendant la mesure l'échantillon sera placé à 3 pieds (92^{cm}) au-dessus d'un vase contenant de l'eau en ébullition.

JOINTS.

3. Dans un conducteur, tout joint doit être parfait tant au point de vue mécanique que sous le rapport de l'isolement.

Soudures, liquides décapants prohibés. — L'emploi de décapants liquides, contenant de l'acide chlorhydrique, du sel ammoniac ou d'autres substances corrosives, est absolument prohibé pour la confection des soudures. Dans les conducteurs isolés, l'isolation des joints sera faite avec le plus grand

soin, de manière que leur isolement soit aussi élevé que celui des autres parties du conducteur.

Quand on fait des joints sur des câbles isolés au caoutchouc, on doit avoir soin que les tresses et rubans soient déroulés sans détériorer cet isolant, qui doit ensuite être regarni et enrubanné sur une longueur suffisante, de façon que l'isolant rapporté forme une couche parfaitement serrée et imperméable.

On se rappellera que dans tout montage les joints constituent des points faibles et qu'ils doivent être évités autant que possible.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

4. *Centres de distribution.* — Le réseau de distribution sera subdivisé, et chaque portion sera alimentée directement par un conducteur sans joint ni soudure partant du centre d'alimentation.

L'emploi de conducteurs de faible section débitant environ 5 ampères, partant des centres d'alimentation pour aboutir sans joint ni soudure aux appareils d'utilisation, est particulièrement recommandé. Cette manière de procéder permet de protéger efficacement au moyen des plombs de départ tous les conducteurs dérivés, même un fil souple alimentant une seule lampe. On augmentera ainsi la sécurité de l'installation, quoique, dans la réalité, on devrait, pour réaliser le système de distribution idéal, réunir chaque point de consommation au point d'alimentation par deux conducteurs spéciaux sans joint ni soudure

Dans la pose des canalisations souterraines, on recommande de préférence le système qui consiste à tirer simultanément plusieurs conducteurs dans un même tube ou caniveau incombustible. Ce système est meilleur que celui qui consiste à poser les câbles dans des compartiments de bois en les espaçant. Il y a bien plus de sécurité à compter sur l'isolant des câbles que sur celui que procure l'arrimage en compartiments.

La nature des tubes ou caniveaux employés dépend naturellement du terrain dans lequel ceux-ci seront posés. On choisira les matériaux qui donnent lieu au minimum de condensation et de suintement.

Si l'on fait usage de tubes, on devra éviter les coudes brusques. Les changements de direction devront se faire avec des arcs de grands rayons ou au moyen d'une boîte de jonction.

On n'autorisera la pose de conducteurs le long des murs que lorsqu'ils seront suffisamment protégés au point de vue mécanique.

Quand la distribution est effectuée au moyen de conducteurs ne fournissant pas plus de 5 ampères, les fils de même polarité pourront être réunis en paquets, à condition d'être chacun protégé par un plomb fusible.

On pourra de même réunir en faisceau les câbles de polarité contraire, à condition qu'ils soient placés dans des tubes ou caniveaux incombustibles.

PRÉCAUTIONS SPÉCIALES POUR LE PASSAGE DES CONDUCTEURS A TRAVERS LES MURAILLES ET CLOISONS.

5. *Tubes de porcelaine.* — Les conducteurs qui traversent des murs ou des cloisons doivent recevoir une protection supplémentaire dans leur traversée. On les fera passer dans un tube de porcelaine ou d'autre matière incombustible de manière à empêcher la propagation d'un incendie sur leurs points de passage. Partout, les conducteurs qui ne seront pas visibles seront du moins accessibles; on recommande particulièrement de ne pas fixer les conducteurs qui traversent des murs, afin de pouvoir les arracher facilement en cas d'incendie; ils seront posés dans des caniveaux disposés exprès, mais seulement après que l'humidité qui pourrait exister aura complètement disparu.

Les conducteurs ne seront jamais placés près des tuyaux à gaz.

PRÉCAUTIONS AUX POINTS DE CONNEXION.

6. Lorsqu'un conducteur devra être connecté à des interrupteurs, coupe-circuits ou autres accessoires, on aura soin de bien tordre ensemble les divers fils constituant le câblage ou le conducteur souple. Tous les fils devront être pincés sous les bornes de serrage. Les extrémités ne seront dégarnies de l'isolant que sur la longueur juste nécessaire, et l'on prendra des dispositions pour éviter que l'humidité ne pénètre sous l'isolant par la partie dénudée. Les rubans, enveloppes de plomb et autres matières médiocrement ou même non isolantes qui recouvrent le câble, seront arrêtées à une distance des bornes qui ne sera pas inférieure à $\frac{3}{4}$ de pouce (21^{mm}).

MONTAGE.

PRÉCAUTIONS A PRENDRE EN CE QUI CONCERNE LES INTERRUPTEURS, COUPE-CIRCUITS, ETC.

7. Ces appareils seront montés sur des socles en porcelaine ou autre matière incombustible. S'il se rencontre des difficultés supplémentaires à cause de l'humidité, on les surmontera en ajoutant un socle supplémentaire en matière isolante spécialement préparée.

Dans les locaux très humides, comme les caves, on devra éviter l'emploi d'appliques ou de supports de lampes directement fixés sur les murs. On amènera directement les fils du tableau de distribution aux lampes, sans passer par des appareils accessoires situés dans ces locaux.

Rhéostats. — Les rhéostats et boîtes de résistances seront établis sur des socles en matière incombustible et seront de préférence garantis par une boîte métallique ajourée.

Tout conducteur de lustre, applique, et autres appareils d'éclairage,

devra être enfilé dans des tubes ou dans les parties creuses ménagées dans la lustrerie. Pendant le tirage de ces conducteurs on aura soin d'éviter d'écorcher l'isolant en adoucissant au besoin les rugosités du métal.

L'emploi de lustres et autres appareils d'éclairage mixte, électrique et au gaz, est interdit.

Quand il y a des lustres à gaz équipés pour l'éclairage électrique, on doit les isoler de la canalisation de gaz par des manchons isolants spéciaux.

On fera tout le possible pour que les fils employés dans l'équipement des appareils d'éclairage ne présentent aucun joint ni raccord. Lorsque ceux-ci seront inévitables, on aura soin que ces points faibles présentent les qualités déjà prescrites au sujet de leur conductibilité et de leur isolement.

INTERRUPTEURS ET COMMUTATEURS.

8. Tout commutateur et interrupteur, qu'il soit monté isolément ou fasse partie d'un appareil quelconque, devra satisfaire aux conditions suivantes :

a. Les bornes et les surfaces de contact ne devront pas s'échauffer par le passage du courant.

b. Aucun arc permanent ne pourra s'établir lorsqu'on ouvrira l'interrupteur.

c. La palette fermant le circuit ne devra jamais pouvoir rester dans une position intermédiaire entre celle d'ouverture et celle de fermeture.

d. Le socle de ces appareils sera incombustible.

e. Le couvercle, également incombustible, sera construit ou au moins recouvert d'une matière isolante.

f. Les couvercles d'interrupteurs et de commutateurs ne devront jamais toucher le mécanisme intérieur; toutes leurs parties seront suffisamment éloignées de ces organes.

g. Leurs boutons et poignées de manœuvre seront convenablement isolés du circuit.

h. Dans le but de vérifier si ces conditions sont réalisées, on procédera à l'essai de tous les modèles et types employés dans une installation, en faisant l'expérience avec un courant et sous une tension doubles de la valeur normale, et examinant si les prescriptions ci-dessus énoncées sont satisfaites.

Les interrupteurs principaux seront placés au voisinage du point où pénètrent les fils d'entrée du courant, que celui-ci vienne directement de l'usine génératrice ou qu'il soit produit par un transformateur ou toute autre source d'énergie électrique.

Quand les trois conducteurs d'une distribution à trois fils pénètrent dans un immeuble, la palette de l'interrupteur monté sur le fil neutre ne

devra pas fermer le circuit *après* les autres ni l'ouvrir *avant*. De préférence, on devra plutôt réaliser le contraire, si c'est possible.

Les interrupteurs unipolaires ne sont pas autorisés sur le fil neutre d'une distribution à trois fils.

Des prescriptions analogues s'appliquent au système à cinq fils.

TABLEAUX DE DISTRIBUTION.

9. Tous les tableaux de distribution, sans exception, doivent être constitués par un panneau isolant, en matière incombustible, sur lequel seront montés les appareils.

Les connexions et circuits seront de préférence disposés sur le *devant*, figurant autant que possible, par eux-mêmes, le schéma de la distribution. Ils seront, de plus, convenablement étiquetés.

Lorsqu'on autorisera des connexions sur la face arrière du panneau, les soudures et raccords seront particulièrement soignés. Les portions métalliques de polarité différentes seront convenablement éloignées et montées de préférence sur des socles individuels.

COUPE-CIRCUITS ET PLOMBS FUSIBLES.

10. Les branchements de tous les circuits doivent être protégés par des coupe-circuits bipolaires montés sur porcelaine ou autre matière incombustible. Dans un coupe-circuits, les plombs fusibles des deux pôles seront séparés par une cloison incombustible et isolante.

Lorsque le montage sera réalisé avec des fils isolés, toronnés ensemble, on branchera les coupe-circuits de telle manière qu'ils protègent les conducteurs de plus petite section qui y aboutissent.

Il en sera de même si un coupe-circuit dessert un réseau de fils de sections différentes.

En observant les prescriptions ci-dessus il sera inutile de placer des plombs fusibles près des rosaces et autres organes où se raccordent les fils souples.

Même observation pour tout circuit dérivé dans lequel le courant est inférieur à 5 ampères et qui est muni de plombs fusibles sur les deux pôles au départ.

Tout circuit dérivé dans lequel circule un courant supérieur à 5 ampères sous 125 volts, ou 3 ampères sous 258 volts, aura des plombs fusibles sur chaque conducteur souple (alimentant les lampes portatives), placés à son raccordement avec le circuit.

Tout appareil portatif, alimenté par cordon souple et comprenant plusieurs lampes, aura une canalisation distincte.

Dans le cas d'installations fonctionnant avec un pôle à la terre, les interrupteurs et coupe-circuits seront montés sur le *pôle isolé*. Sur le conducteur à la terre il ne faut ni interrupteur, ni plomb de sûreté.

Les coupe-circuits seront établis de manière que, sur un type donné, on ne puisse placer un plomb fusible de section autre que celle prévue.

Les couvercles de tous les coupe-circuits, qu'ils soient isolés ou groupés sur un tableau, permettront la ventilation des plombs fusibles. Ils seront disposés pour ne pas se briser quand le plomb sautera et devront retenir le métal fondu.

Toutes les prises de courant doivent pouvoir supporter le double du courant normal circulant sous une tension double de celle prévue. Quand elles seront installées dans des endroits humides, on devra prendre des précautions pour éviter l'humidité. Si la prise de courant est établie dans un plancher, on doit s'arranger pour éviter l'eau et la poussière. Les contacts doivent être placés en dessous du niveau du plancher et ne jamais pouvoir venir au contact des tapis.

Quand on emploie des douilles munies de contacts concentriques on devra les choisir de telle construction qu'on ne puisse faire de court-circuit en y introduisant une épingle ou tout objet métallique quelconque.

DYNAMOS ET APPAREILS D'UTILISATION.

DYNAMOS ET MOTEURS.

11. Les dynamos et moteurs devront être à l'abri de la poussière et de l'humidité. On les tiendra éloignés des cloisons et travaux de menuiserie de telle manière que la distance horizontale de ces matériaux soit d'au moins 12 pouces (32^{cm}); en hauteur, cet éloignement sera porté à 4 pieds ($1^{m},20$).

Les mêmes prescriptions s'appliquent aux appareils de démarrage, interrupteurs, rhéostats, etc.

Les boudins de ces derniers ne devront jamais dépasser la température de 212°F. (100°C.), même lorsqu'on les laissera continuellement en circuit. Ces rhéostats seront enfermés dans des boîtes en tôle perforée facilitant la ventilation.

Les socles des machines d'une tension supérieure à 250 volts seront reliés à la terre.

Les transformateurs à courant continu rentrent dans la catégorie ci-dessus.

ACCUMULATEURS ET BATTERIES PRIMAIRES.

12. Les prescriptions mentionnées au sujet des dynamos s'appliquent aux accumulateurs tant au point de vue de leur usage qu'au point de vue des locaux qui les renferment.

Les accumulateurs et batteries doivent être isolés de la terre et protégés sur leurs deux pôles par des coupe-circuits. Ces derniers seront également intercalés sur tous les câbles qui relient les piles aux accumulateurs.

TRANSFORMATEURS.

13. Quand on emploie des transformateurs à courants continus ou alternatifs, pour passer de la haute tension à la tension autorisée par le Board of Trade, pour la distribution chez l'abonné, l'ensemble, en y comprenant les interrupteurs et les coupe-circuits, sera placé dans des locaux à l'abri du feu et de l'humidité. L'installation sera faite de préférence hors des maisons et les socles des appareils de transformation seront reliés à la terre.

Aucune partie de ces organes ne pourra être accessible, sauf pour la personne qui en a la conduite et l'entretien.

Dans tous les cas, les conducteurs amenant le courant de haute tension dans le local seront spécialement isolés et posés dans des conduits incombustibles.

Dans aucun cas, la température des transformateurs à pleine charge ne pourra dépasser 150°F. (65°C.). Un dispositif spécial devra mettre le transformateur hors circuit, dès qu'une perte se produit entre le primaire et le secondaire et devient suffisante pour amener une différence de potentiel de 400 volts entre le secondaire et la terre.

LAMPES A ARC.

14. Les lampes à arc devront toujours être enfermées dans des lanternes ou être munies de globes avec filets destinés à empêcher les flammèches de s'échapper au dehors. Toutes les parties des lampes susceptibles d'être touchées avec les mains seront convenablement isolées. Un isolant spécial séparera d'ailleurs le crochet de la lampe de sa suspension.

Les rhéostats pour lampes à arc doivent avoir de même une double isolation; les fils ne dépasseront jamais la température de 212°F. (100°C.). Un grillage métallique les protégera tout en permettant la ventilation. Ils seront éloignés d'au moins 6 pouces ($0^m,15$) horizontalement et 2 pieds ($0^m,60$) verticalement de tout ouvrage de menuiserie.

Quand les lampes à arc sont alimentées par un réseau sous potentiel constant, il faut les munir de coupe-circuits sur les deux pôles.

Les lampes à arc dont les charbons brûlent dans de l'air renouvelable ne seront jamais employées dans des locaux contenant des vapeurs inflammables ou des mélanges explosibles de certaines poussières ou de gaz.

ESSAIS.

15. Les conducteurs, appareils d'éclairage et autres, doivent, avant d'être mis en service, subir avec succès les épreuves suivantes :

Les lampes étant en place, les autres appareils étant reliés au circuit et les plombs fusibles posés, on fait une mesure d'isolement entre l'ensemble

et la terre, sous une tension double de celle du fonctionnement normal. La lecture se fera après une minute d'électrisation. L'isolement ne sera pas inférieur à 10 mégohms, ce nombre étant d'ailleurs divisé par le nombre d'ampères consommés en fonctionnement normal.

Cet essai sera recommencé quinze jours après et dans les mêmes conditions.

Dans le cas où ces deux essais ne donneraient pas de résultats satisfaisants, on localiserait la partie défectueuse en faisant les coupures nécessaires.

Au point de vue des dangers d'incendie, on ne saurait trop insister sur la nécessité des essais systématiques, de l'inspection des circuits et appareils, etc.

Pour chaque essai d'une même installation on conservera les résultats de façon à pouvoir reconnaître les détériorations successives du montage.

La propreté des appareils et de tous les accessoires est une condition indispensable de bonne conservation. On rappellera qu'il est interdit de faire aucune réparation ni modification sur une installation en fonctionnement.

Explication de la Table annexée ci-après.

La colonne 1 donne la composition des conducteurs usuels. Ainsi un câble désigné par le signe 19/14 est composé de 19 fils n° 14 de la *Jauge S. W. G.* (19 fils, 2^{mm}).

La colonne 2 indique le courant maximum admissible dans les câbles placés dans un milieu dont la température dépasse 100° F. (38° C.).

Pour un conducteur quelconque non mentionné dans la Table, on calculera la température de fonctionnement par la relation

$$\text{Log}\, I = 0,775 \log A + 0,301$$

ou par l'expression

$$I = 2\, A^{0,775},$$

dans lesquelles I est le courant en ampères et A la section du conducteur en millièmes de pouce carré ($0^{mmq},645$) (¹).

La surélévation de température sera environ de 10° F. (6° C.) pour les gros conducteurs.

La colonne 3 donne la longueur aller et retour de chaque type conducteur qui provoque une chute de tension de 1 volt lorsqu'on y fait circuler le courant indiqué par la colonne 2.

(¹) En exprimant A en millimètres carrés les formules deviennent

$$\text{Log}\, I = 0,775\ \text{Log}\, A + 0,448,$$
$$I = 2,8\ A^{0,775}.$$

Tableau annexe donnant les courants maxima, les épaisseurs de diélectrique et les résistances d'isolement exigés pour les conducteurs isolés placés dans des tubes ou dans des caniveaux.

0 ([1]).	1 ([2]).	2 ([3]).	3 ([4]).	4 ([5]).	5 ([6]).	6 ([7]).	7 ([8]).	8 ([9]).
12/10 ou 62.15/100 ou 90.12/100	16 ou 62/38 ou 97/40	3,1	21,00	4,2	16,40	8,9	1920	480
3.71/100	3/22	3,3	21,00	4,4	15,55	9,2	»	»
14/10 ou 130.12/100	17 ou 130/40	4,0	22,80	5,4	17,35	9,2	»	»
3.9/10	3/20	4,8	23,70	6,6	17,35	9,7	»	»
16/10 ou 110.15/100 ou 172.12/100	16 ou 110/38 ou 172/40	4,9	24,60	6,8	17,35	9,2	»	»
18/10	15	5,9	25,50	8,2	18,30	9,4	1280	»
7.71/100	7/22	6,2	25,50	8,7	18,30	9,7	»	»
20/10 ou 172.15/100 ou 7.76/100	14 ou 172/38 ou 7/21,5	7,0	26,40	9,8	19,20	9,7	»	»
3.12/10	3/18	7,5	27,30	11,0	18,30	10,2	960	»
7. 9/10	7/20	9,3	28,20	13,0	20,00	10,4	»	»
7.12/10	7/18	14,0	33,70	21,0	22,80	11,2	»	»
19. 9/10	19/20	20,0	35,60	30,0	23,70	12,2	»	»
7.16/10	7/16	23,0	36,50	34,0	24,60	12,5	»	»
19.12/10	19/18	31,0	41,00	48,0	26,50	13,7	»	»
7.20/10	7/14	32,0	41,00	49,0	26,50	13,7	640	»
19.16/10	19/16	49,0	46,50	77,0	29,10	15,8	»	»
19.20/10	19/14	70,0	51,10	110,0	32,00	17,8	»	»
37.16/10	37/16	83,0	53,90	130,0	33,80	19,0	»	»
19.26/10	19/12	100,0	60,10	170,0	35,60	20,9	480	»
37.20/10	37/14	120,0	58,50	190,0	36,50	21,7	»	»
61.18/10	61/15	150,0	61,00	240,0	38,40	24,0	»	»
61.20/10	61/14	170,0	67,50	290,0	39,25	25,5	»	»
37.26/10	37/12	180,0	66,60	300,0	40,00	26,2	»	»
61.26/10	61/12	260,0	75,00	450,0	43,00	31,0	»	»
91.26/10	91/12	350,0	82,00	620,0	46,50	36,5	»	»
91.30/10	91/11	420,0	86,00	740,0	48,50	40,0	»	»

(1) Composition du câble (en dixièmes et centièmes de millimètre).

(2) Composition du câble (numéros de la jauge S. W. G.).

(3) Courant maximum quand le câble est soumis à une température ambiante supérieure à 37° C. (en ampères).

(4) Longueur de câble donnant une chute de potentiel de 1 volt (en mètres).

(5) Courant maximum quand le câble est soumis à une température ambiante normale (en ampères).

(6) Longueur de câble donnant une chute de potentiel de 1 volt (en mètres).

(7) Épaisseur minima du diélectrique (en dixièmes de millimètre).

(8) Isolement kilométrique minimum pour les câbles de la classe A (en mégohms par kilomètre).

(9) Isolement kilométrique minimum pour les câbles de la classe B (en mégohms par kilomètre).

La colonne 4 donne le courant maximum autorisé pour les conducteurs

placés dans les conditions ordinaires de température. Ce courant est déterminé par l'une des deux équations suivantes

$$\text{Log}\, I = 0{,}82\ \text{Log}\, A + 0{,}415,$$
$$I = 2{,}6\ A^{0{,}82},$$

I et A étant exprimés comme il est dit plus haut ([1]).

Pour les gros conducteurs la surélévation de température est environ de 20° F. (12° C.).

La colonne 5 fait connaître la longueur aller et retour d'un conducteur qui donne une chute de tension de 1 volt lorsque le courant a les valeurs indiquées dans la colonne 4.

La colonne 6 donne les épaisseurs minima que doit avoir le diélectrique. Elles sont obtenues en ajoutant 30 mils ($0^{mm},762$) à $\frac{1}{10}$ du diamètre du conducteur.

Enfin les colonnes 7 et 8 indiquent les isolements kilométriques exprimés en mégohms que doivent avoir respectivement les conducteurs des classes A et B.

([1]) En exprimant A en millimètres carrés les formules deviennent

$$\text{Log}\, I = 0{,}82\ \text{Log}\, A + 0{,}571,$$
$$I = 3{,}7\ A^{0{,}82}.$$

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

COMPTE RENDU

DE

L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE

ET DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 10 novembre 1897 (1).

Présidence de M. J. VIOLLE, Vice-Président.

La séance est ouverte à $8^h 45^m$ soir et le procès-verbal de la dernière Réunion est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque et des demandes d'admission suivantes :

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Alcaz (Eugène), ancien Élève diplômé de l'École supérieure d'Électricité, à Roman (Roumanie). — Présenté par MM. P. Janet et Chaumat.

Aubert (Pierre-Edmond), Sous-Chef des Travaux à l'École supérieure d'Électricité, 10, rue de Bagneux, à Paris. — Présenté par MM. P. Janet et Chaumat.

Bonnet (Joseph), Ingénieur des Arts et Manufactures, 240, rue de Rivoli, à Paris. — Présenté par MM. Street et Gosselin.

Brémond (Henri-Georges), ancien Élève de l'École centrale et de l'École supérieure d'Électricité, Ingénieur à la *Maison Sautter, Harlé et Cie*, 5, rue Claude-Bernard, à Paris. — Présenté par MM. G. Sautter et Harlé.

Dareste de la Chavanne (Edmond-Charles-Cléophas), ancien Élève de l'École supérieure d'Électricité, Promotion 1897, 10, boulevard Raspail, à Paris. — Présenté par MM. P. Janet et Chaumat.

Fonville (André), Ingénieur des Arts et Manufactures, Officier d'Académie, Chef du Service électrique des *Établissements Japy frères et Cie*, à Beaucourt (Haut-Rhin français). — Présenté par MM. Ch. Chargnioux et L. Baudry.

Gaultier (Georges), Ingénieur, 14, rue Dumont-Durville, à Paris. — Présenté par MM. P. Janet et Poincaré.

Henry (Adolphe), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur sortant de l'École supérieure d'Électricité, Attaché au Service électrique de la *Gare de Lyon*, 9, rue Jules-César, à Paris. — Présenté par MM. P. Janet et Chaumat.

Lapointe (Albert), Fabricant de bronzes (éclairage électrique), 100, rue Amelot, à Paris. — Présenté par MM. Soleau et Potron.

Lavezzari (André), Ingénieur civil, Directeur des *Ateliers Friedmann*, 42, rue Blanche, à Paris. — Présenté par MM. Hillairet et Huguet.

Laymet (Léon-Henri), ancien Ingénieur en chef de la Station d'Électricité d'Amparo (Brésil), Membre sociétaire de la *Société des Ingénieurs civils de France*, Ingénieur électricien, 87, rue Royale, à Versailles (Seine-et-Oise). — Présenté par MM. Armengaud jeune et de Nansouty.

Lebaupin (Gustave-Louis), Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, 14, boulevard Pasteur, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Leduc (Guston-Bernard), Ingénieur en chef de l'exploitation de la *Compagnie nouvelle des Tramways de Roubaix et Tourcoing*, 336, Grande Rue, à Roubaix (Nord). — Présenté par MM. David et Tartary.

Legrand (Emmanuel), Ingénieur électricien, Diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Licencié ès Sciences physiques, 18, rue Chauveau-Lagarde, à Paris. — Présenté par MM. P. Janet et Chaumat.

Simonot (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur du Bureau de vente auxiliaire pour les applications de l'Électricité, 9, rue du Château-d'Eau, à Paris. — Présenté par MM. Chaufour et Fonville.

Thirion (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, 95, boulevard Beaumarchais, à Paris. — Présenté par MM. Street et Gosselin.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

La Réunion est informée de la réception de nouveaux dons pour le Laboratoire et l'École supérieure d'Électricité, savoir :

Compagnie générale de Travaux d'éclairage et de force......	3 lampes	1 système Daumont. 1 » Pingault. 1 » Macaire,
Société Gramme...............		1 moteur : 25 ampères, 110 volts, dérivation *balais charbon*, 235^{kgm}, 1000 tours; modèle 1897. 2 moteurs cylindriques, type 1878 : 15 ampères, 110 volts, 1000 tours, 130^{kgm}. 1 machine en série ancien type cylindrique : 7 ampères, 300 volts.

Des remercîments sont adressés aux donateurs.

Il est donné communication des télégrammes suivants échangés par le Président de la Société Électrotechnique russe et le Président de la Société internationale des Électriciens :

Société internationale des Électriciens, Paris.

La Société Électrotechnique, acclamant l'arrivée du Président de la République française en Russie, exprime à son Collègue français ses sentiments fraternels.

Président : Rebikoff. »

Président Société Électrotechnique, à Saint-Pétersbourg.

Président Société internationale des Électriciens, Paris, remercie son Collègue russe et lui adresse ses sentiments fraternels.

d'Arsonval.

M. le Président porte à la connaissance de la Réunion le texte d'une lettre-circulaire émanant du Comité qui s'est formé pour l'érection d'un monument à la mémoire du professeur Ferraris ; des adhésions ont été recueillies par le Comité et des listes de souscriptions sont mises à la disposition des membres de la Société.

EMPRUNT POUR LES TRAVAUX DE CONSTRUCTION ET D'AMÉNAGEMENT DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ. PROJET DE RÉSOLUTION.

M. E. Mascart expose les motifs qui ont déterminé le Comité d'administration de la Société à demander à l'Assemblée générale l'autorisation de contracter un emprunt de $60\,000^{fr}$ pour les travaux de construction et d'aménagement de l'École supérieure

d'Électricité; il soumet à la Réunion le projet de résolution suivant :

« L'Assemblée donne pouvoir au Comité d'administration de la Société de contracter un emprunt de 60000fr pour les travaux de construction et d'aménagement de l'École supérieure d'Électricité.

» Cet emprunt sera fait sous la forme de bons de 100fr produisant un intérêt annuel de 3fr, remboursables par vingtième chaque année.

» La Société conserve la faculté d'anticiper le remboursement de tout ou partie de ces bons à une époque quelconque.

» L'Assemblée donne pouvoir au Comité d'administration pour régler les détails matériels de l'opération d'emprunt. »

M. le Président. — « Messieurs, si personne ne demande la parole, on va procéder au vote sur la proposition qui vient de vous être soumise, au nom du Comité, par M. Mascart. A cet effet, je prie M. Joubert de vouloir bien présider le scrutin et MM. Laffargue et Tessier de l'assister dans cette opération. »

(La séance est suspendue à 9h 10m et reprise à 9h 20m.)

M. le Président. — « Messieurs, nous allons, pendant que s'effectuera le dépouillement du scrutin, poursuivre l'ordre du jour, qui appelle les Communications techniques.

PROJECTION D'ÉCLAIRS SUR LA TOUR EIFFEL.

M. F. Loppé projette des photographies d'éclairs, prises par M. G. Loppé dans la soirée du 31 mai.



Sur l'une d'entre elles, que nous reproduisons, un éclair tombe

sur la tour Eiffel. La largeur exagérée de l'image de l'éclair doit provenir de ce que, au moment du coup de foudre, la pluie tombait avec abondance.

On peut voir, sur la droite du cliché, des lampes à arc éclairant les chantiers des chemins de fer de l'Ouest, le long de la Seine, dont l'image est également élargie pour la cause indiquée ci-dessus.

M. le Président remercie M. Loppé.

SUR LES TRAVAUX D'ATELIER EXÉCUTÉS PAR LES ÉLÈVES DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ [1].

M. P. Janet. — « Messieurs, je n'ai pas l'intention de faire ce soir une communication d'ensemble sur l'enseignement qui est donné à l'École supérieure d'Électricité, j'y reviendrai peut-être un jour; je voudrais simplement dire quelques mots sur une partie de cet enseignement qui, pour être accessoire, n'en a pas moins paru aux fondateurs de l'École avoir une réelle importance : je veux parler des travaux d'ateliers. Nous n'avons certes pas l'intention de faire de nos élèves de parfaits ajusteurs, une année n'y suffirait pas, et, d'ailleurs, ce n'est certes pas là le but de l'École; mais il a paru utile de leur apprendre le maniement des outils les plus usuels, de manière à les mettre à même de réaliser eux-mêmes rapidement une idée personnelle, à lui donner une forme tangible, fût-elle même un peu grossière, sans avoir recours à personne; il a paru utile, surtout, de les mettre en contact avec la matière, avec laquelle ils auront à lutter plus tard, et de leur montrer ainsi, au moins de loin, toutes les difficultés que présente le travail qu'ils pourront avoir à diriger dans le courant de leur carrière. La plupart d'entre eux arrivent chez nous sans avoir jamais touché un outil; il importe donc de leur faire traverser le plus rapidement possible la période de début, un peu ardue dans le travail manuel, comme partout d'ailleurs; aussi le temps réservé à l'atelier dans les premiers mois est-il relativement important; l'emploi du temps est alors ainsi réglé :

	Demi-journées.
Cours et conférences (six leçons)...............	4
Travaux de laboratoire.........................	3
Travaux d'atelier............................	3
	10

» Il reste, comme on voit, deux demi-journées de liberté par

(1) Tous les appareils construits par les élèves pendant l'année 1896-1897 ont été présentés en séance.

semaine pour l'étude personnelle et la bibliothèque. Plus tard, les essais de machines sont pris sur le temps d'atelier.

» Le travail de début a été jusqu'ici le même pour tous les élèves et a consisté dans la construction d'un électro-aimant. La *fig.* 1

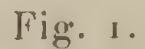
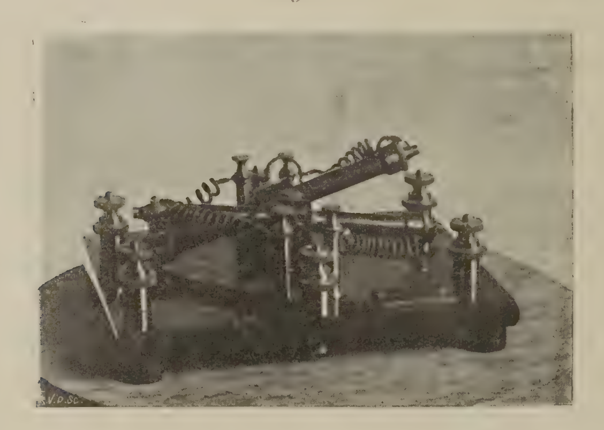


Fig. 1.



représente l'un de ces appareils non enroulé ; l'exercice nous a paru utile, en ce qu'il comporte l'usage de la lime et du tour, l'emploi du fer et du laiton, et donne l'occasion d'exécuter quelques soudures. Ce premier travail est terminé vers la fin de décembre.

Fig. 2.



A cette époque, les élèves sont déjà assez rompus aux premières difficultés pour entreprendre un travail plus compliqué ; nous leur soumettons alors une liste d'appareils électriques d'un usage courant, parmi lesquels ils choisissent celui qui constituera leur *chef-d'œuvre;* ils sont autorisés à se grouper par deux ou trois pour la construction d'un même appareil lorsque cela est nécessaire. Pour

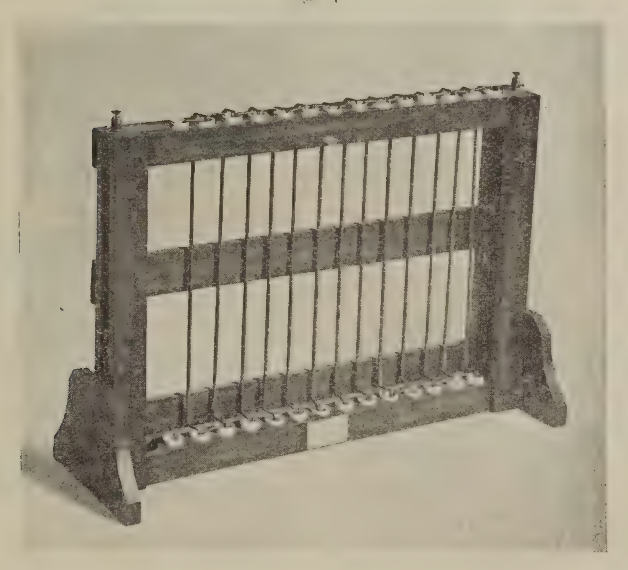
ce nouveau travail, nous demandons une certaine initiative personnelle : la conception et le dessin de l'appareil sont entièrement

Fig. 3.



laissés au libre choix de chacun; quelques-uns se bornent à copier des appareils existants; d'autres, en assez grand nombre, font œuvre

Fig. 4.



vraiment personnelle et, soit dans le détail, soit dans l'ensemble de

l'appareil qui leur est confié, apportent des idées qui leur sont propres. Nous estimons que des exercices d'invention de ce genre ont la plus grande utilité.

» Voici la liste complète des appareils construits pendant l'année 1896-1897 :

Culbuteur inverseur hermétique (*fig.* 2),
» à mercure sur paraffine,
» à mercure sur ébonite,
Commutateur inverseur,
Interrupteur de 20 ampères,
» de 50 ampères,
» à rupture brusque (*fig.* 3),
Disjoncteur,
2 clefs de décharge,
2 ponts à fil,
Pont double pour la mesure des faibles résistances,
Ohm en quatre sections,
» en cinq sections,
Rhéostat à fiches,
» à charbons (*fig.* 4),
» liquide pour fortes intensités,
Voltmètre à lame de fer, genre Deprez,
» genre Cardew,
Galvanomètre Deprez-d'Arsonval,
Électrodynamomètre, genre Siemens, avec inverseurs (*fig.* 5),
Hystérésimètre, genre Ewing,
» de M. Potier [1].

» Les *fig.* 2 à 5 sont des reproductions photographiques de quelques-uns de ces appareils.

» Outre ces travaux de construction, un certain nombre d'exercices, plus particulièrement électriques, sont exécutés par les élèves : c'est ainsi qu'ils font différentes sortes d'enroulements, des épissures et des jonctions de câbles, etc. Enfin, ils acquièrent quelques notions de menuiserie, ce qui est indispensable pour la construction des menus appareils qu'ils entreprennent.

» Tels sont, très rapidement résumés, les quelques renseigne-

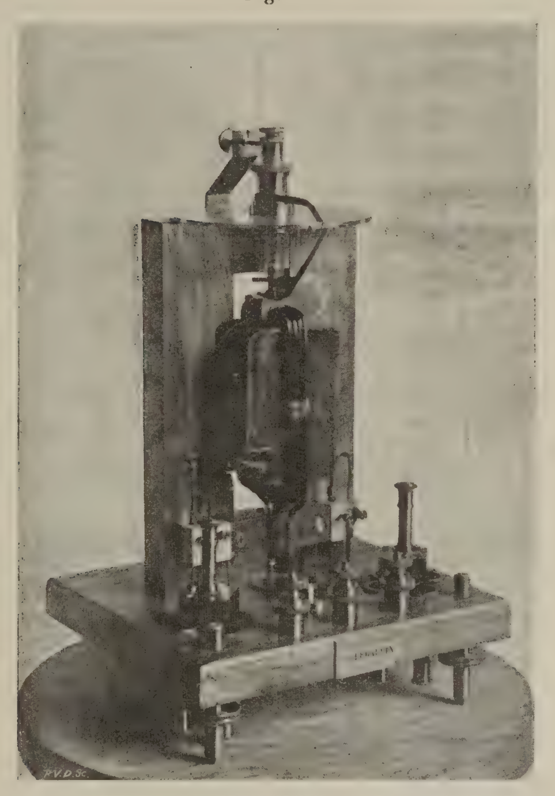
---

[1] Ce dernier appareil, dont M. Potier a bien voulu nous communiquer le principe, est en cours d'exécution.

ments que je désirais donner à propos de l'exposition des travaux de nos élèves. Comme le rappelait M. Mascart, dans cette séance même, l'École supérieure d'Électricité constitue une des plus belles et des plus utiles fondations de la Société des Électriciens ; à ce titre, semble-t-il, rien de ce qui s'y passe ne doit lui être étranger,



Fig. 5.



et l'intérêt général que lui portent nos Collègues est une condition essentielle de sa vie et de sa prospérité. »

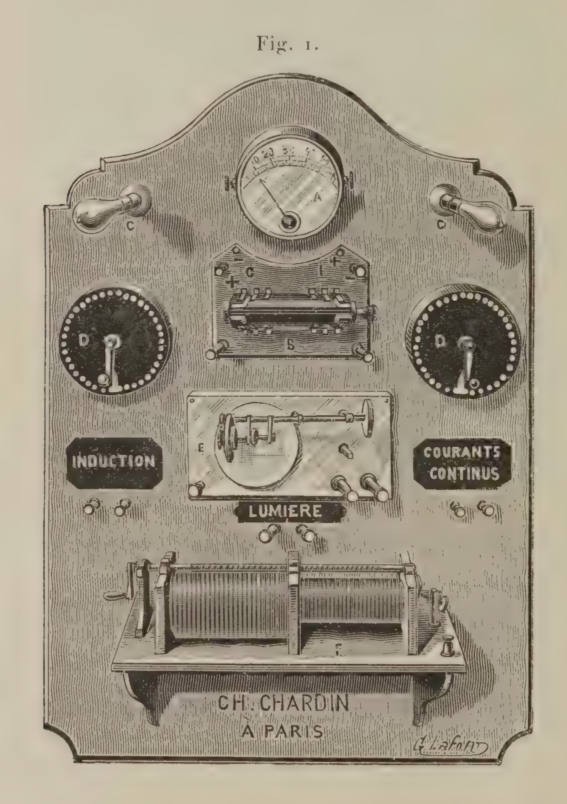
M. le Président. — « Je remercie M. P. Janet de l'excellente idée qu'il a eue de faire cette exposition ; les objets qui la composent prouvent en faveur de l'activité de l'établissement qu'il dirige avec tant d'habileté. »

LE MATÉRIEL ÉLECTROTHÉRAPIQUE.

M. le Dr Foveau de Courmelles. — « Parmi les appareils qui constituent l'ensemble du *matériel électrothérapique*, nous signalerons d'abord nos tableaux *rhéostatiques muraux* qui contiennent, à volonté, simplement le courant continu et la lumière médicale ou diverses additions utiles.

» La forme de l'appareil est un cadre se fixant à volonté aux murs, se déplaçant par suite commodément, et permettant de soigner un malade ou de faire une expérience physiologique partout où se trouvera un courant continu d'un voltage suffisant, la prise de courant fixée à l'appareil s'adaptant où l'on veut (voir *fig.* 1).

Fig. 1.



» Dans le cadre se trouvent disposés :

» 1° Les résistances en partie formées de fils de maillechort, en partie de lampes à incandescence, celles-ci facilement enlevables et

d'autant plus fortes que le courant émergeant ou médical à utiliser doit être plus intense;

» 2° Le collecteur permettant d'interposer plus ou moins de résistances métalliques;

» 3° Un galvanomètre apériodique, qui ne reçoit que le courant continu médical;

» 4° Un renverseur de courant;

» 5° Des lampes médicales diverses adaptables à deux bornes;

» 6° Un appareil d'induction à chariot;

» 7° Un mouvement d'horlogerie pour la galvano-faradisation;

» 8° Un combinateur rassemblant ou isolant les divers courants et dispensant l'opérateur de changer les fils ou les électrodes quand il change la nature du courant (1).

» 9° A portée de la main, des pièces de rechange, toujours dans le même cadre dont cependant les dimensions n'excèdent pas $0^m,75$ sur $0^m,50$, et même, si l'on voulait en augmenter l'épaisseur et y cacher les résistances métalliques, ce qu'il vaut mieux ne pas faire à cause de leur élévation de température, pourraient être de $0^m,50$ sur $0^m,50$.

» Avec cet appareil rhéostatique, le courant continu d'éclairage peut donner :

» 1° Le courant continu médical variant de $\frac{1}{2}$ milliampère à 400 ou 500 milliampères, courant renversable à volonté;

» 2° Le courant continu, galvano-faradique, à interruptions rythmées, espacées de telle fraction de seconde que l'on voudra;

» 3° Le courant d'induction sous ses formes diverses, courant inducteur, courant induit à bobines variées : gros, moyen ou petit fil;

» 4° L'éclairage médical de lampes, ou tubes de Gessler ou de Crookes déglutissables à volonté (éclairage par transparence de l'estomac) (2). Cette méthode, qui nous a servi avant la découverte des rayons X au diagnostic précoce de tumeurs stomacales, a été récemment décrite, comme nouvelle par divers auteurs, sous le nom de *gastrodiaphanie*.

---

(1) Ce combinateur est placé au bas du tableau, ou encore, comme nous l'avons fait, relié à des bornes inférieures pour éviter l'enchevêtrement des fils dans les accessoires du tableau.

(2) Dr Foveau de Courmelles, *Précis d'Électricité médicale*; 1891.

» Le collecteur, gradué de o à 40, interpose plus ou moins de résistances métalliques et gradue le courant, quel que soit son

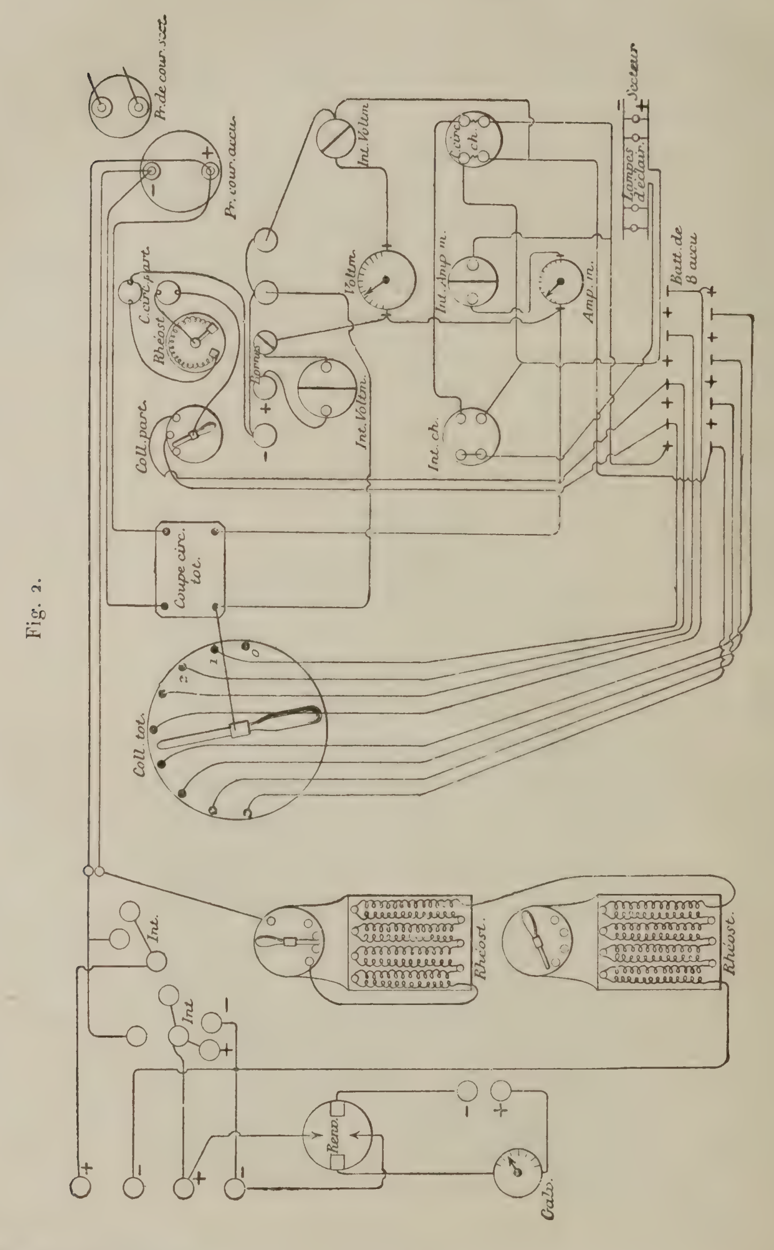


Fig. 2.

usage; aussi les lampes ou tubes éclairants peuvent être aussi faibles que l'on voudra.

» L'appareil rhéostatique ne contenant que les courants continus

et la lumière médicale est beaucoup plus léger et mesure $0^m,50$ sur $0^m,40$.

» Voici la marche que suit dans l'appareil le courant de ville (*fig.* 2).

« Le courant peu diminué en des rhéostats faibles sera radiographique, c'est-à-dire suffisant pour l'inducteur de la bobine. Des rhéostats très fins, par suite très résistants, où le courant vient en dérivation de lampes à incandescence, changeables à volonté, donneront une intensité minime facile à graduer par le collecteur interposant plus ou moins de résistance, et par les lampes dont l'ampérage peut être choisi, selon les expériences ou besoins physiologiques, physiques ou médicaux, que l'on demande à l'appareil. On a ainsi tout d'abord le courant continu médical, avec renverseur de pôles ou de sens, utile en électrolyse, ou de lumière médicale pour les cavités organiques. Le premier est mesuré par le galvanomètre apériodique. En dehors du circuit de celui-ci est le courant envoyé à un mouvement d'horlogerie (interrupteur automatique) donnant les courants galvanofaradiques au rythme et à l'intensité désirés; de même le courant envoyé au chariot d'induction, où l'on peut recueillir à volonté le courant induit et l'extra-courant. Un combinateur permet, sans changements de fils, de recueillir l'un ou l'autre de ces courants, voire de les combiner entre eux. En S et S′ on peut brancher les fils amenant un courant quelconque, et utiliser ainsi, sans le déplacer, le galvanomètre de l'appareil.

» La prise de courant étant fixée par ses deux fils (nous verrons tout à l'heure comment on peut reconnaître les deux pôles du courant sortant médical que nous qualifierons de *courant émergent*), l'un de ces fils, au hasard, arrive à l'extrémité des résistances métalliques, les traverse toutes, puis arrive en se divisant en deux à un pôle de chacune des deux lampes, lesquelles servent, avons-nous dit, partie comme résistance, et partie, car elles s'enlèvent à volonté et facilement, pour donner une intensité déterminée au courant émergent. Un fil commun relie l'autre pôle de chaque lampe à la prise de courant et n'est, sur son trajet, relié à aucun appareil; seul, le premier fil a maintes ramifications que nous allons voir.

» Supposons notre collecteur allant de 0 à 40. L'ensemble des résistances métalliques qui y est relié par fractions y sera tout entier contenu quand le collecteur aura sa manette sur le chiffre 1, et nullement sur le chiffre 40. A l'aller, le fil rencontre le renverseur de courant, puis, après son passage dans les résistances, arrive en même temps aux premiers pôles des lampes et au collec-

teur. Il y a à cela un avantage considérable, c'est que si, par extraordinaire (comme on peut opérer le jour, peu de lampes brûlent dans le circuit de la compagnie d'éclairage), l'intensité venait à être brusquement trop forte et dangereuse pour le malade ou pour l'expérience physiologique poursuivie, les lampes moins résistantes seraient brûlées et préviendraient immédiatement du danger. En outre, l'arrivée du courant met une durée appréciable, une seconde environ ; avant d'allumer les lampes, on aurait un temps très suffisant pour ouvrir le circuit et prévenir tout danger. Il est évident que l'opérateur doit toujours être là. J'ajouterai cependant que si les fils de maillechort sont assez fins, comme ceux que j'emploie ($\frac{6}{10}$ de millimètre), tout danger disparaît; le fil fondrait et interromprait le circuit, de même que dans les coupe-circuits, du reste.

» Mais reprenons celui-ci où nous l'avons laissé tout à l'heure. Un seul fil, utilisant les différences de potentiel de son trajet, sert à l'appareil médical; il se divise entre le renverseur, les deux pôles de même nom (positifs, par exemple), les deux lampes et le collecteur. Celui-ci est relié par son centre à l'une des bornes du renverseur; l'autre, relié au fil d'arrivée du courant. De l'une des bornes du renverseur part un fil parcourant le galvanomètre et arrivant à l'une des bornes d'émergence du courant médical continu. Ce galvanomètre n'est pas, normalement, dans le circuit des lampes médicales, ni du courant d'induction, de façon à ne pas être perturbé par les déviations incessantes de ces courants particuliers dont la mesure n'est d'ailleurs pas ainsi possible.

» Nous avons supposé ici l'appareil le plus simple, à courants continus et lumière médicale; mais si l'appareil contient en plus, ce qui est le cas du grand modèle, le mouvement d'horlogerie pour la galvano-faradisation, et l'appareil d'induction, des fils conduisent à ces appareils le courant émergent et y produisent les effets voulus.

» Les mesures physiologiques ou médicales se font simplement pour les courants continus, comparativement pour les courants induits.

» Le galvanomètre apériodique mesure le nombre des milliampères des courants constants.

» Pour les courants intermittents, ce même galvanomètre va

nous permettre des comparaisons, absolument et toujours comparables : c'est intentionnellement que j'insiste sur ces mêmes mots.

» Les 4 et 5 juin 1894, j'ai adressé une Note à l'Institut et à l'Académie de Médecine de Paris sur la comparabilité possible des courants induits, qui a si longtemps fait défaut; il n'y a, en effet, qu'à interposer un galvanomètre de temps en temps, s'il s'agit de piles et d'électrodes à imbibition variable, dans le trajet du courant inducteur, de façon à rétablir la constance en intensité de celui-ci, par l'adjonction, s'il est nécessaire, de nouveaux éléments de pile; connaissant les bobines inductrice et induite, ou simplement, pour chaque opérateur se servant des mêmes appareils, leurs distances relatives, on a des comparaisons absolues. Jusqu'ici, sans s'occuper de la source génératrice d'électricité qu'ils supposaient constante, les électrothérapeutes se bornaient à tenir compte de l'enfoncement de la bobine induite; aussi les divergences d'opinion provenant de différences de quantités employées étaient fatales. L'imbibition parfaite des électrodes, afin que les erreurs proviennent le moins possible de la polarisation au contact du malade, est nécessaire encore plus, pourrait-on dire, que pour l'application des courants continus.

» Sans calcul et avec notre *modus faciendi*, l'électrothérapeute peut, aujourd'hui, facilement établir des comparaisons utiles, en connaissant l'intensité du courant inducteur par son galvanomètre, intensité toujours la même si l'on veut, et la distance des bobines. En notant, en outre, une fois pour toutes, les grosseur, longueur et nature des fils de ses bobines, il permettra les calculs à qui les juge utiles, et la faradisation entrera ainsi dans une voie rigoureusement scientifique qui lui a manqué jusqu'ici. Récemment a été décrit l'électrodynamomètre de Giltay, qui paraît constituer un grand progrès en cette même voie.

» Pour le médecin comme pour le physiologiste, qui aura besoin d'intensités relativement faibles, cet appareil pourra rendre de grands services par son facile maniement, le peu de place qu'il occupe, sa fixité sur les murs et sa constance.

» Ainsi, pour cette dernière qualité, j'ai toujours, même en des séances électrothérapiques durant une demi-heure, observé la

fixité, l'invariabilité de position de l'aiguille galvanométrique, ce qui prouve aussi la parfaite imbibition de l'électrode (plaques métalliques lourdes posées sur de larges feutres).

» Le renversement facile des pôles est précieux au point de vue de l'étude des réactions de dégénérescence.

» Si chaque dispositif, pris isolément, n'est pas nouveau, l'ensemble est original par sa forme et la multiplicité des services qui peuvent être demandés à l'appareil et rendus par lui. C'est aussi, dans le cabinet de l'électrothérapeute, supprimer la mise en scène, inutile et parfois effrayante pour le malade.

» En outre, en *radiographie*, on peut utiliser directement le courant du secteur pour actionner la bobine; mais, dans ce cas, les rhéostats, parcourus par plus d'ampères, seront moins résistants et plus gros, et les lampes recevront plus d'intensité, de façon à envoyer à la bobine un courant à ampérage nécessaire, mais nous y reviendrons dans un instant.

» Les secteurs à courants alternatifs sont préférés par un certain nombre de constructeurs électromédicaux. En outre, ils se généralisent, et le praticien, quelles que soient ses préférences, peut être obligé d'y recourir. Les courants alternatifs utilisent des transformateurs généralement placés dans les caves et ramenant un courant de 3000 volts à 110 volts, par exemple. Il n'arrive donc que 110 volts, jamais plus, avec un isolement parfait, au malade. Ce courant, tel quel, peut servir, comme le courant continu direct, à faire, avec des rhéostats simples, tourner un moteur, actionner un courant sinusoïdal, et rougir un galvanocautère, etc.

» Pour l'utilisation médicale des courants continus d'un secteur, deux moyens se présentent :

» 1° La charge des accumulateurs;

» 2° La mise en marche avec rhéostats et, par suite, vitesse réglable d'une dynamo-transformatrice donnant un voltage de beaucoup inférieur à 110 volts et un ampérage faible également.

» La *charge des accumulateurs* se fera directement sur le secteur avec des rhéostats variés, fils de maillechort, de ferro-nickel, d'argentan, etc., enroulés en spire et dont on pourra interposer une quantité variable, ou avec des lampes à incandescence. Le courant arrivera, dans le premier cas, directement aux accumulateurs comme

il arriverait en une lampe : mais il traverse les fils rhéostatiques qui en diminuent le voltage pour l'amener à celui nécessaire aux accumulateurs, autant de fois 2,5 volts qu'il y a d'éléments.

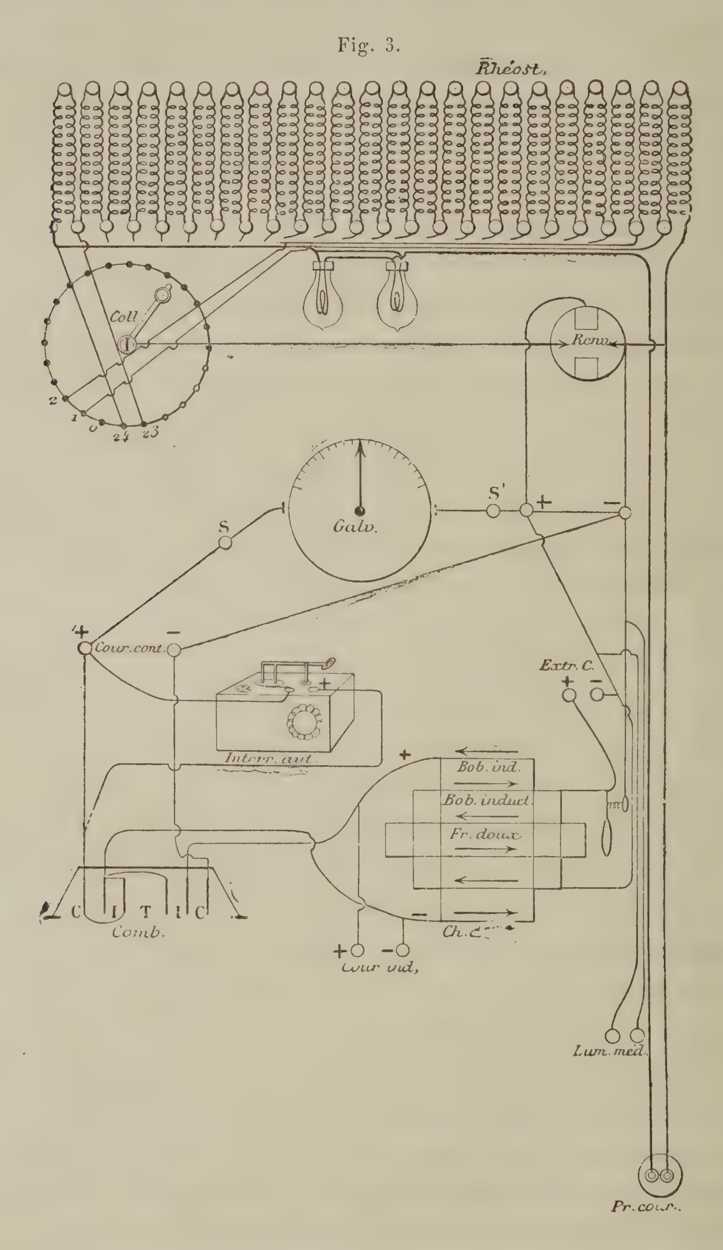
» Quand les rhéostats sont des lampes, on pourra opérer de deux manières : si les lampes sont destinées à brûler inutilement, comme s'échauffaient tout à l'heure les rhéostats, le dispositif sera le même ; si les lampes sont celles de la ligne et doivent servir utilement à l'éclairage, la ligne est entr'ouverte (*fig.* 3) sur les accumulateurs en quelque sorte ; le fil positif, par exemple, aurait une communication positive au pôle positif du premier élément de la batterie d'accumulateurs placés en tension ; le courant traverse la batterie, sort au dernier négatif, d'où part un fil revenant à la ligne et supprimant ainsi la solution de continuité, d'ailleurs comblée par les accumulateurs. Supposons huit éléments ; la ligne chargera ceux-ci de leurs 20 volts quand, et seulement, les lampes brûleront utilement. Le seul reproche à faire à ce système, c'est d'abord l'abaissement du voltage lumineux à 90 volts et, par suite, son faible éclairement ; et ensuite la nécessité d'établir pour cela une ligne spéciale ou de placer les accumulateurs près du compteur électrique avec, encore, une ligne en amenant le courant au cabinet de l'opérateur. Pour supprimer ces inconvénients, nous avons établi ce système pour deux pièces voisines en notre appartement : une partie des lampes y est de 110 volts, et l'autre partie de 90 volts. Les accumulateurs ont-ils besoin d'être chargés, seules les lampes de 90 volts fonctionnent et éclairent ; les accumulateurs ne sont-ils pas en charge, on ne se sert alors que des lampes de 110 volts. Un simple commutateur arrête ou rétablit à volonté la charge des éléments.

» Ce sont là des procédés simples que j'emploie depuis longtemps, après les avoir cherchés et trouvés ; ils sont, je le sais, connus des constructeurs et des compagnies d'éclairage, mais les médecins les ignorent généralement, et, pour l'avantage des compagnies, fournisseurs d'électricité, et des praticiens, consommateurs, ces moyens ont besoin d'être vulgarisés. Ils sont peu coûteux à établir, et surtout, dans leur usage, d'une commodité et d'une économie séduisantes. Les accumulateurs chargés, on les sort du circuit par un simple interrupteur à trois touches.

» Les dynamos médicales comprennent d'abord un moteur qui

peut faire tourner une machine statique, actionner un trépan, faire un massage mécanique, etc.; puis une dynamo-transformatrice servant soit à charger les accumulateurs, soit à rougir un cautère,

Fig. 3.



actionner une bobine radiographique, soit à utiliser médicalement le courant du secteur (électrolyse organique), etc.; et enfin des dynamos à courants sinusoïdaux, ou diphasés, polyphasés, etc.

» La batterie de huit accumulateurs placés en tension est reliée, d'une part et à volonté, pour la charge, au secteur par un interrupteur et un coupe-circuit de charge; à un collecteur total envoyant tout ou partie de leurs charges, à travers deux grands rhéostats, à l'inducteur de la bobine à radiographie, ou à deux bornes où se branche un galvanocautère (pyrogalvanie), ou, par deux éléments seulement, à un collecteur partiel, à droite, où est fixé à demeure un galvanocautère pour les petites applications courantes, avec rhéostat particulier, interrupteur de voltmètre, et coupe-circuits particuliers. Les prises femelles de courant placées à droite permettent, sur les mêmes grands rhéostats placés en tension, l'utilisation séparée des courants des secteurs ou des accumulateurs. On peut aussi, comme le conseille M. Radiguet, par exemple, employer un rhéostat spécial en dérivation sur le secteur, ce qui est plus économique et plus régulier pour l'interrupteur Foucault, le phono-trembleur, etc. Nous employons, selon le cas, ces deux systèmes. Une seule fiche mâle branchant à volonté l'un ou l'autre de ces courants rend impossible la distraction du praticien qui, autrement, les pourrait superposer; un coupe-circuit total pour les accumulateurs et deux coupe-circuits partiels pour les deux accumulateurs séparés étant là encore par surcroît de précaution.

» Le voltmètre et l'ampèremètre, munis d'interrupteurs multiples, permettent de mesurer à volonté l'énergie électrique des courants du secteur, de tout ou partie des huit ou des deux accumulateurs.

» Les usages médicaux ordinaires se peuvent obtenir à gauche par une ligne particulière utilisant le collecteur total, les grands rhéostats, le renverseur des pôles et le galvanomètre, et donnant à volonté un courant fort ou faible (plusieurs ampères ou quelques milliampères).

» A l'heure actuelle, trois dynamos, moteur, transformateur et machine sinusoïdale peuvent suffire. On les construit de dimensions assez petites, et elles peuvent, ainsi que nous l'avons fait, se juxtaposer sur une même table, sur un meuble, avec deux machines statiques. Le jeu des poulies permet à volonté, par une simple application de courroie, de faire marcher à volonté (le moteur toujours actif) le transformateur, l'appareil sinusoïdal, l'une *ou* l'autre ou l'une *et* l'autre des machines électrostatiques.

» L'appareil, le peigne pour la douche franklinienne est généralement en cuivre nickelé, très lourd, et, si solide que soit la chaîne qui le porte, il peut à un moment donné s'en détacher, et dans tous les cas son poids énorme, dont souvent le patient veut se rendre compte, lui semble une menace suspendue sur sa tête. Le peigne en aluminium, très léger, à pointes mousses, car la pointe très aiguë

est inutile, supprime ces inconvénients; d'autre part, l'ozone qui se forme ne risquera pas, comme avec le cuivre, de donner des produits nitreux, dangereux pour la respiration, ce qui constitue un autre avantage sérieux pour le peigne en aluminium. Les autres appareils, ceintures rénales à pointes multiples, doivent également, en Électrostatique médicale, être en aluminium.

» Le moteur (dynamo-série, etc.) mû par le courant du secteur actionne à volonté, ensemble ou séparément, la machine Carré et celle de Wimshurst; ou la dynamo-shunt, transformatrice du courant à grand voltage et faible ampérage en courant de petit voltage et grand ampérage dosable à volonté par la vitesse de rotation et également utilisable pour l'électrolyse médicale. Cette dynamo en dérivation tourne forcément, et à vide, quand son courant n'est pas utile, parce qu'elle est placée sur le même arbre que le moteur; mais, quand on la veut utiliser, on rapproche les balais des deux collecteurs, ou uniquement le seul restant ordinairement soulevé quand on n'y veut pas de courant. Cette même dynamo fournit l'ampérage voulu à l'inducteur de la bobine à radiographie ou excite le courant sinusoïdal diphasé, alors que celui-ci reçoit du moteur le mouvement de rotation à vitesse mesurée au tachymètre. La machine de Wimshurst, pourvue de condensateurs dont on utilise la décharge et dont on relie ou non les armatures externes à un solénoïde et au tube de Crookes ou au tube de Crookes seul, produit les rayons de Röntgen ou la haute fréquence que l'on peut utiliser en radiographie. »

» Les courants *sinusoïdaux* ou *diphasés* du professeur d'Arsonval, très utiles pour le massage gynécologique indolore et sédatif, exigent un moteur et un appareil spécial. Le moteur est, comme nous l'avons vu, à emploi multiple. Mais déjà les constructeurs ont varié ce dispositif; M. Chardin a fait le sien; M. Gaiffe a réuni en un même appareil le moteur actionnant le courant sinusoïdal et la dynamo où se prend celui-ci, à 90° et de part et d'autre de la ligne médiane horizontale. Si l'on partage la circonférence en trois, quatre, ... points et que l'on en recueille le courant, on a des courants *triphasés, tétraphasés, polyphasés* dont l'utilisation médicale, quoique au début, annonce de sérieux progrès thérapeutiques. L'idéal serait d'avoir ces divers courants sur le même appareil.

» La bobine d'induction destinée aux courants de décharge radiographique ou radioscopique, et aux courants de haute fréquence,

et à l'ozonateur pourra être unique, question d'intensité du courant inducteur et de fils menant le courant induit à l'appareil voulu.

» Cette bobine sera actionnée à volonté par les accumulateurs qui fonctionnent avec ou sans résistances. Le collecteur relié à chacun des huit éléments, par exemple, porte des trous où peuvent être placés les fils reliés à la bobine. On détermine le sens du courant, dans notre installation : la borne, ou mieux le trou où plonge le fil relié au négatif du premier élément, donnera le pôle positif, alors que le fil relié au dernier négatif donnera le pôle négatif; ou mieux, si la bobine, par les deux fils de son inducteur, est reliée au premier et au dernier négatif, le courant ira de ce premier négatif, ainsi devenu positif, au dernier négatif resté tel, c'est-à-dire négatif. On ne perd pas ainsi du courant des accumulateurs à faire rougir inutilement des résistances. On peut également sortir toutes celles-ci, le collecteur permettant encore d'employer tout ou partie des éléments.

» Les mêmes résistances peuvent encore servir dans l'emploi direct du courant du secteur. Une fiche mâle *unique* envoyant à volonté, selon son lieu d'implantation, ce courant du secteur, *ou* le courant des accumulateurs sans le moindre danger de superposition de ces courants. Dans le cas où le secteur réparerait ses machines, ce qui arrive rarement, mais enfin ce qui arrive, on aura le courant des accumulateurs tant pour actionner la bobine que pour les usages médicaux ordinaires.

» La bobine d'induction radiographique ou de haute fréquence sera choisie d'une longueur d'étincelle variant entre 12^{cm} et 50^{cm}. La plus petite longueur permet la radiographie, la production longue et photographique du document durable ; l'autre, la radioscopie, l'obtention de la vision directe, l'examen immédiat. Les longueurs intermédiaires donnent évidemment des transitions entre ces deux sortes de phénomènes. La bobine Radiguet ou celles des autres constructeurs Séguy, Gaiffe, Ducretet que nous avons utilisées dans notre enseignement radiographique, le premier, de l'École pratique de la Faculté de Médecine de Paris ([1]), nous ont donné de bons résultats.

([1]) Dr Foveau de Courmelles, *Traité de Radiographie médicale et scientifique ;* Paris, 1897 ; préface du professeur d'Arsonval. Les Tableaux schématiques en sont extraits.

» La bobine est-elle reliée au tube de Crookes enveloppé de mérinos de coton noir, son trembleur vibre rapidement, donne une haute fréquence du courant nécessaire à la radioscopie dont les accidents ont été insignifiants. Si le tube à vide n'est pas recouvert et le trembleur vibrant lentement, on a la radiographie dont on connaît les méfaits. Une plaque d'aluminium, la bobine remplacée par les machines électrostatiques ou de haute fréquence, ..., et les accidents sont supprimés.

» Si les fils de l'induit de la bobine vont à des condensateurs disposés pour leur décharge rapide et presque continue, vu la rapidité des interruptions, et les armatures externes étant reliées à un grand solénoïde, on a la *haute fréquence* du professeur d'Arsonval qu'il vous a d'ailleurs brillamment exposée et dont je puis, comme je l'ai fait au premier *Congrès de Nosologie et Électricité médicale* (Bruxelles, 1897), et avec une grande expérience personnelle; vous confirmer la puissance thérapeutique, notamment contre l'obésité (1). Le solénoïde peut être fixé au plafond et se dérouler au moment voulu, de façon à tenir, dans le cabinet de l'électrothérapeute, le moins de place possible. Nous nous sommes servi assez longtemps de six bouteilles de Leyde disposées trois par trois en quantité, reposant et séparées en deux groupes par des cloisons en verre, le tout disposé, comme la batterie initiale dont ils provenaient, dans une boîte en bois. Ce dispositif a l'inconvénient d'augmenter la capacité de l'appareil, aux dépens de la rapidité. Deux bonnes bouteilles de Leyde suffisent, mais, pour rendre leur maniement plus commode, je les ai renversées en quelque sorte; le courant de la bobine est amené aux armatures externes qui portent les excitateurs dont le rapprochement est ainsi plus facile, et le courant de haute fréquence part des armatures internes et supérieures et va au solénoïde.

» Nous avons voulu également augmenter les effets du solénoïde en le formant de fils de grosseurs diverses, bien isolés du reste; il y a là cet avantage que le patient ne peut avoir la moindre crainte, car il ne voit pas jaillir l'étincelle entre les tours de spires, comme

(1) Professeur d'Arsonval, Communications à la Société (voir *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, avril 1897).

cela arrive avec des fils de 1mm de section et d'isolement moyen.

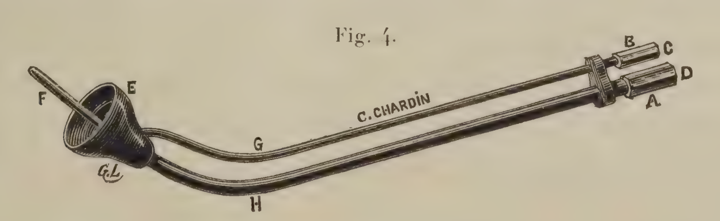
» Un petit solénoïde en cuivre, avec ou sans résonateur, relié aux condensateurs et en recevant à volonté le courant de décharge permet les applications locales et cutanées de la haute fréquence; il peut être relié aux divers peignes électrostatiques déjà décrits, pour ainsi faire bénéficier le patient de cette effluve particulière. On peut augmenter les effets par l'addition dans le solénoïde d'un petit solénoïde isolé dans l'huile. On gradue le courant par des pinces, d'où part le courant et fixées aux spires elles-mêmes et en comprenant un nombre variable.

» La bobine, ayant un courant primaire faible, pourra ainsi actionner un ozonateur formé d'un ensemble de fils d'aluminium recouvrant deux tubes de verre, l'un contenant l'autre et par suite s'isolant, mais insuffisamment pour que cependant jaillisse l'étincelle. Une poire insufflatrice ou mieux un petit moteur avec cornet en aluminium, aspirant l'air passant sur l'étincelle d'induction et s'ozonisant, et l'on a ainsi une grande quantité, d'ailleurs réglable, d'oxygène condensé avec un appareil peu encombrant, comme celui de M. G. Seguy, par exemple.

» Signalons rapidement divers accessoires, électrodes variées, tubes de Crookes, appareils nouveaux d'électromédication.

» La *bi-électrolyse* que nous avons imaginée et qui utilise à la fois la *cataphorèse*, ou transport électromédicamenteux, connue depuis longtemps, et l'*électrolyse double*, c'est-à-dire la production de corps à l'état naissant, aux dépens de l'organisme et d'un médicament placé au contact, *in loco dolenti;* la bi-électrolyse, disons-nous, utilise des tubes variés, conducteurs remplis de substances thérapeutiques ou des tiges métalliques solubles diverses, en argent, en aluminium, en zinc, en fer, en nickel, en cuivre, etc.; des électrodes

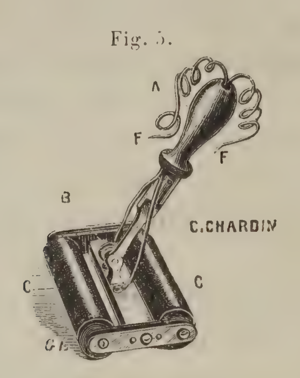
Fig. 4.



feutrées, très poreuses et imbibées de médicaments en solution; des électrodes à capuchon mono- ou bipolaire (*fig.* 4) servant aussi bien

aux additions médicamenteuses qu'au massage gynécologique par la tige intra-utérine; des tampons mobiles et faciles à promener sur une région, pour l'électrisation de la bile (*fig.* 5). Ces électrodes

Fig. 5.



diverses peuvent être introduites dans les cavités, utérus, urèthre, vessie, estomac, rectum, etc. Elles peuvent être souvent faites de suite par le praticien lui-même.

» La *pyrogalvanie*, appellation plus courte de la thermocaustique galvanique ou de la galvanocaustique thermique, a vu son champ d'application s'étendre après nos recherches. Notre galvanocautère perfectionné, l'ancien galvanocautère avec une borne supplémentaire, peut communiquer à la fois à un courant continu faible, *explorateur*, dont le pôle négatif donne une sensation douloureuse sur une partie enflammée (l'autre électrode ou positive étant en *pôle perdu* sur le patient) et un courant continu fort, *thermique*, qui cautérisera séance tenante et au moment voulu le point douloureux. Ainsi explore-t-on et soigne-t-on *sciemment* l'intérieur des cavités naturelles; tel est le principe du curettage électrique instantané, sans anesthésie, ni hémorragie, dont l'action est très puissante dans l'endométrite hémorragique notamment (rapports du Dr Péan, à l'Académie de Médecine de Paris, 8 novembre 1892 et 18 novembre 1895) (1).

» L'*électrodiagnostic* comporte souvent les mêmes accessoires que l'*électrothérapie*, et quelques-uns des précédents peuvent servir à la fois à ces deux usages.

---

(1) Dr Foveau de Courmelles, *L'Électricité curative*, 1 vol. in-12 ill., 300 pages Préface du Dr Péan. Paris 1895.

» Nous n'insisterons pas davantage, croyant avoir prouvé par notre exemple combien se peut simplifier actuellement le matériel électrothérapique. »

M. le Président remercie M. le Dr Foveau de Courmelles.

Le dépouillement du scrutin sur le projet de résolution relatif à un emprunt de 60 000fr étant terminé et la liste de présence vérifiée, M. le Président proclame le résultat suivant :

Nombre des membres présents ou représentés.....	106
Nombre de votants..............................	85
Majorité.......................................	43
Pour l'adoption..............	84
Contre.......................	1

La proposition est adoptée.

La séance est levée à 10h 15m soir.

LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.

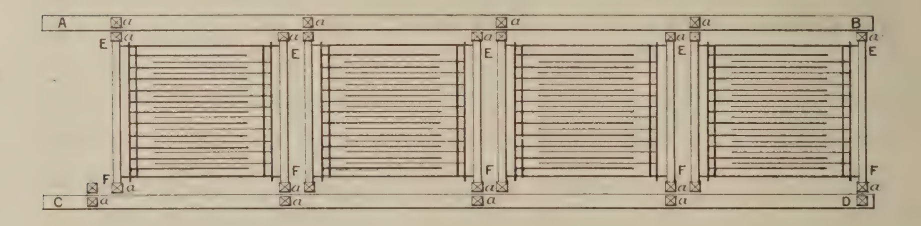
EXPOSÉ DES PRINCIPALES MÉTHODES DE MESURES USITÉES AU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ (1).

II. — Mesure des intensités. Étalonnement des ampèremètres, des wattmètres et des compteurs.

Principe de la méthode. — La méthode uniformément adoptée, au Laboratoire, pour la mesure des intensités, consiste à faire passer le courant à mesurer dans une résistance connue, et à mesurer la différence de potentiel aux extrémités de cette résistance. Lorsqu'il s'agit d'étalonner un ampèremètre, le courant est porté à sa valeur maximum par des degrés croissant régulièrement, puis ramené de même à zéro, sans jamais ouvrir le circuit; les séries croissantes et décroissantes sont indiquées au certificat, afin que l'on puisse juger de la valeur de l'appareil au point de vue de l'hystérésis.

Source d'électricité. — Comme source d'électricité, nous employons quatre gros accumulateurs Julien de 175^{kg} de plaques, pouvant débiter normalement 250 ampères et beaucoup plus, s'il en est besoin. Le montage de cette batterie spéciale est indiqué dans la *fig.* 1; il se comprend de lui-même : AB, CD sont de grosses

Fig. 1.



barres de cuivre rouge de $40^{mm} \times 50^{mm} = 2000^{mmq}$ de section; ces deux barres, isolées par de petites poulies de porcelaine, sont montées sur un bâti de bois goudronné; entre elles se trouvent les quatre

(1) Voir *Bulletin de la Société des Électriciens,* t. XIII, p. 325; 1896.

éléments décrits plus haut, montés sur de gros isolateurs en porcelaine; les deux pôles de chaque élément portent des barres de cuivre EF de $25^{mm} \times 20^{mm} = 500^{mmq}$ de section, perpendiculaires à la direction des barres ABCD et au même niveau qu'elles; *a*, *a*, ... sont des godets à mercure de 1600^{mmq} de section. Des cavaliers de cuivre, de 100^{mmq} de section (on peut en placer quatre par godet) permettent d'effectuer les groupements nécessaires : en particulier, de monter les quatre éléments en tension, en groupement mixte, ou en quantité; ce sont ces deux derniers montages qui sont le plus

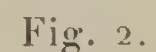


Fig. 2.



usités à la décharge : on choisit l'un ou l'autre, suivant la résistance intérieure des ampèremètres à étalonner et l'intensité du courant qu'il faut atteindre. En général, nous montons sans peine jusqu'à 1200 ampères. A la charge, les quatre éléments sont toujours disposés en tension; cette charge se fait au régime de 200 ampères environ. Le courant est fourni par une grosse dynamo Patterson et Cooper [1] (type de 40 volts et 1200 ampères) dont l'excitation (en

(1) Don de M. P. Corbin, industriel à Chedde (Savoie).

dérivation) est réduite à une valeur convenable. La *fig.* 2 représente une vue générale de la salle des accumulateurs du Laboratoire. Les quatre éléments en question s'aperçoivent sur la droite.

Rhéostat. — Pour obtenir facilement des courants croissant ou décroissant par degrés successifs, il est important d'avoir un rhéostat soigneusement étudié, qui permette, dans chaque cas particulier, d'obtenir un certain nombre de lectures à peu près équidistantes; le type de rhéostat en dérivation se prête particulièrement bien à cet usage. Pour ne pas le compliquer inutilement nous l'avons calculé seulement pour l'étalonnement des ampèremètres au-dessus de 25 ampères (jusque 1000 ou 1200). Au-dessous, il n'y a aucune difficulté; un rhéostat quelconque, facile à choisir, permettra toujours de monter jusqu'à 25 ampères par degrés successifs.

Notre rhéostat principal (1) a été calculé de la manière suivante : il comprend quarante résistances, placées en dérivation entre deux larges barres de cuivre de $60^{mm} \times 15^{mm} = 900^{mmq}$ de section. A chacune de ces résistances correspond un interrupteur à rupture brusque (2). Ces quarante résistances se partagent en quatre groupes de dix résistances égales. Elles ont été calculées de manière à donner, sous 2 volts et en supposant nulle la résistance de tout le reste du circuit, les courants suivants :

	Courant dans chaque résistance.	Courant total.
	amp	amp
1er groupe................	5	50
2e groupe................	10	100
3e groupe................	25	250
4e groupe................	60	600
		1000

La force électromotrice des accumulateurs n'étant jamais 2 volts exactement, et le circuit ayant une résistance finie (quoique très faible), dont une partie est variable à cause de la diversité des

(1) Cet appareil a été construit par la maison Genteur.

(2) La rupture brusque n'est pas indispensable, les étincelles, même pour des courants très intenses, étant tout à fait négligeables à ces faibles tensions.

appareils qui nous arrivent, les courants obtenus dans la pratique ne sont jamais ceux qui sont contenus dans le Tableau ci-dessus ; mais ils s'échelonnent toujours suffisamment bien pour permettre d'avoir des lectures à peu près équidistantes dans toute l'étendue de l'échelle d'un instrument quelconque.

Pour donner une idée de la manière dont se comporte ce rhéostat, nous donnerons les lectures faites en fermant successivement les différents interrupteurs dans le cas où l'appareil en circuit est un shunt Chauvin et Arnoux.

Force électromotrice de la batterie : 2 volts environ.

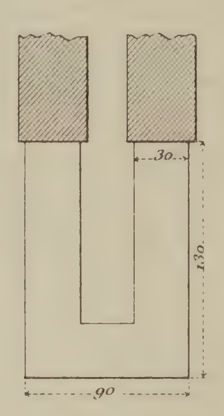
Shunt.	Numéros des résistances en circuit.	Ampères.
De 0 à 30 ampères	de 0 à 1	5,2
»	0 2	10,2
»	0 3	14,8
»	0 4	19,4
»	0 5	23,8
»	0 6	28
De 0 à 100 ampères	de 0 à 5	25,7
»	0 6	30,7
»	0 7	35,5
»	0 8	40,2
»	0 9	45
»	0 10	49,5
»	0 11	59,6
»	0 12	69,5
»	0 13	79,3
»	0 14	89
»	0 15	98,8
De 0 à 1000 ampères	de 0 à 10	55
»	0 15	110
»	0 20	158
»	0 25	274
»	0 30	380
»	0 35	614
»	0 40	801

On voit que, dans ces conditions, nous pouvons monter jusqu'à 800 ampères sous 2 volts; s'il faut aller plus loin, nous employons 4 volts en disposant la batterie par 2 groupes en tension de 2 éléments en quantité.

Résistance étalonnée. — La résistance employée est, suivant les cas, un dix-millième d'ohm, pouvant supporter un courant de 1000 à 1200 ampères, ou un centième d'ohm pouvant supporter 200 à 300 ampères.

1° *Dix-millième d'ohm.* — Ce dix-millième d'ohm a été étudié et construit spécialement pour le Laboratoire par M. J. Carpentier; il se compose de 13 lames de maillechort ayant la forme indiquée *fig.* 3 et réunies en quantité entre deux fortes pièces de cuivre;

Fig. 3.



ces lames ont 2^{mm} d'épaisseur; chacune a donc une section de 60^{mmq} et la section totale est de 780^{mmq}, ce qui, pour 1000 ampères, correspond environ à 1,3 ampère par millimètre carré. Ces lames de maillechort plongent dans un bain de pétrole contenu dans une large cuve en laiton fermée par un couvercle d'ébonite; un serpentin, placé à l'intérieur de la cuve et traversé par un courant d'eau, maintient constante la température du bain de pétrole; l'entrée et la sortie du courant se font par deux larges barres de cuivre de $60^{mm} \times 15^{mm} = 900^{mmq}$, sur lesquelles sont fixées deux petites bornes pour la prise des différences de potentiel.

2° *Centième d'ohm.* — Le centième d'ohm, qu'on peut substituer au dix-millième pour les courants moins intenses, a été construit dans les ateliers du Laboratoire, sous la forme du millième d'ohm à circulation d'eau de M. Carpentier; mais le tube de laiton de ce dernier appareil a été remplacé par un tube de maillechort; la

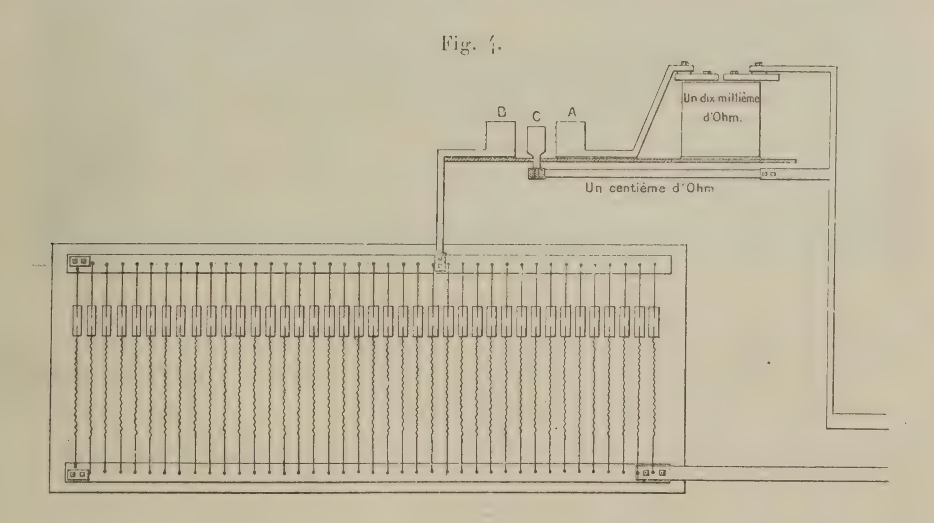
même canalisation d'eau courante dessert ce centième d'ohm et le dix-millième précédemment décrit.

Galvanomètre-voltmètre. — La mesure des intensités étant réduite à une mesure de différence de potentiel, un voltmètre sensible est le complément essentiel de l'installation. Ce voltmètre est, soit le voltmètre étalon du Laboratoire, soit un voltmètre exactement semblable, étalonné par rapport au premier et placé dans la salle même où se font les mesures d'intensités. Pour la description de ces appareils, nous renverrons à la Communication que nous avons faite sur les mesures des forces électromotrices [1].

Disposition des appareils. — En vue de diminuer le plus possible la résistance du circuit où doivent circuler les courants que l'on mesure, tous les appareils précédemment décrits sont installés dans la salle immédiatement voisine de la salle des accumulateurs, où se trouvent les quatre gros éléments Julien, source du courant.

Une barre de cuivre d'une seule pièce, convenablement recourbée, met en communication l'un des pôles de la batterie avec l'une des barres du rhéostat (*fig.* 4) : les jonctions sont faites au moyen

Fig. 4.



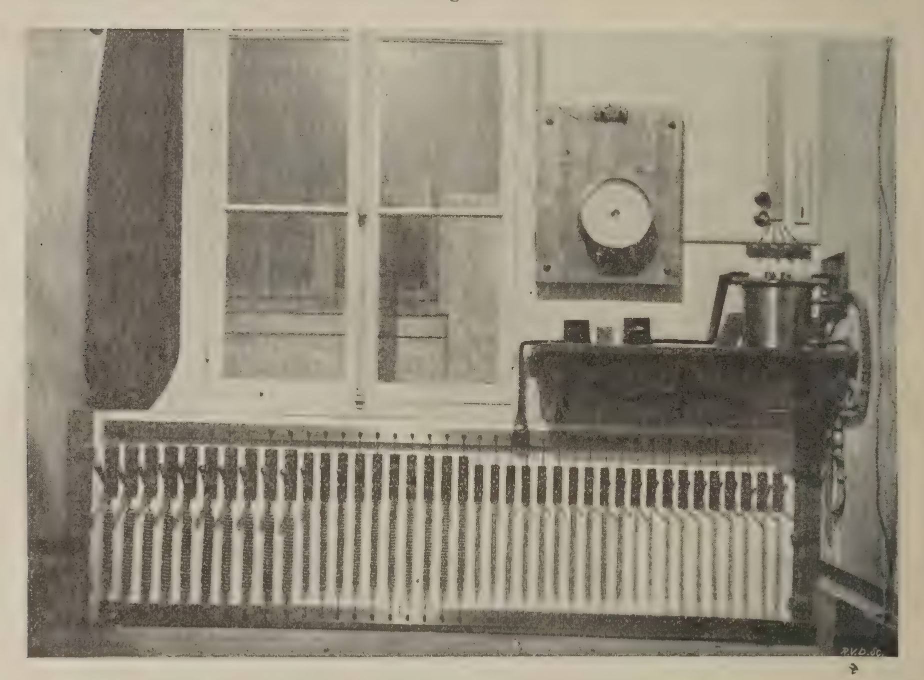
de forts écrous de serrage; entre les deux cuivres, on a intercalé une mince feuille d'un métal mou, de manière à assurer un contact parfait. L'autre pôle de la batterie est en communication par une

(1) *Bulletin de la Société internationale des Électriciens,* t. III, p. 325; 1896.

barre semblable avec le dix-millième d'ohm décrit plus haut et ce dernier avec un godet à mercure A de 3800^{mmq} de section ; enfin, toujours par une barre semblable, un second godet à mercure B est en communication avec la seconde barre du rhéostat.

Un godet intermédiaire C permet, quand cela est nécessaire, d'intercaler le centième d'ohm en maillechort décrit plus haut. La *fig.* 4 représente la disposition relative de ces organes. La *fig.* 5


Fig. 5



est une photographie d'ensemble du rhéostat, du dix-millième d'ohm, des barres et godets de communication ; le centième d'ohm, placé sous la tablette, est dans l'ombre [1].

Le panneau de bois placé contre le mur, au-dessus des godets à mercure, sert (sauf cas exceptionnel) à fixer verticalement les appareils à étalonner.

La diversité des types qui nous arrivent nous oblige souvent à faire des prises de courant spéciales. Suivant les cas, l'appareil est intercalé entre les godets A et B, ou entre B et C. Comme il a

---

(1) Cette photographie a été obtenue à la lumière de l'arc.

été dit, on fait monter, puis décroître le courant par degrés successifs, et les lectures sont faites simultanément à l'appareil en essai et au voltmètre. Un réseau téléphonique complet, qui relie entre elles toutes les salles du Laboratoire, permet d'ailleurs, quand cela est nécessaire, d'échanger des signaux avec la salle du voltmètre étalon.

Les résultats obtenus sont immédiatement traduits en courbes, et l'essai n'est jugé satisfaisant que si aucune anomalie ne se fait remarquer sur cette courbe; si elle présente quelque irrégularité, l'essai est recommencé, pour qu'on soit bien assuré qu'il s'agit d'une erreur propre à l'instrument et non d'une erreur expérimentale. La température de l'étalonnement est indiquée chaque fois que cela est nécessaire.

Ampèremètres à courants alternatifs. — La méthode précédente ne s'applique plus, car il est jusqu'ici difficile de se procurer des voltmètres à courants alternatifs suffisamment sensibles pour mesurer, comme plus haut, des fractions de volt. Nous employons alors, comme instruments de mesure, des balances de Lord Kelvin.

Le Laboratoire possède une série complète de ces balances, à savoir :

La balance centi-ampère,	mesurant de	1 à. .	100 centi-ampères.
» déci-ampère,	»	1 à. . .	100 déci-ampères,
» déca-ampère,	»	1 à. . .	100 ampères.
» hecto-ampère,	»	6 à. .	600 ampères.
» kilo ampère,	»	25 à. . .	2500 ampères.

Tous ces instruments, dont on connaît d'ailleurs la haute valeur, sont étalonnés en courant continu par la méthode précédemment décrite, et servent ensuite d'étalons secondaires pour l'étalonnement des ampèremètres à courants alternatifs.

Il n'est pas inutile d'attirer l'attention, à propos des ampèremètres à courants alternatifs, sur une cause d'erreur importante : les indications d'un ampèremètre, qui contient du fer, dépendra en effet beaucoup non seulement de la fréquence, mais encore de la *forme* du courant employé; en d'autres termes, un nombre quelconque d'ampèremètres, de types différents, mis en série et étalonnés pour une certaine forme de courant, pourront très bien se trouver en désaccord complet, même pour une fréquence égale,

mais pour une autre forme de courant; nous l'avons vérifié à plusieurs reprises en étalonnant une même série d'appareils, soit au moyen du courant du secteur de la rive gauche, soit au moyen du courant de l'alternateur du Laboratoire (alternateur Labour).

Voici quelques nombres extraits de nos dossiers (¹) :

Lectures à la balance de Lord Kelvin.	Ampèremètre A.		Ampèremètre B.	
	Secteur de la rive gauche.	Alternateur Labour.	Secteur de la rive gauche.	Alternateur Labour.
9,78..........	»	9,02	»	9,7
9,65..........	7,78	»	9,5	»
7,66..........	»	7,18	»	7,5
7,66..........	6,5	»	7,5	»
5,05..........	»	4,92	»	4,95
4,98..........	4,63	»	4,85	»

On voit que l'ampèremètre A présente des anomalies considérables; les trois appareils étaient en série.

Aussi, nous ne saurions trop engager les possesseurs d'ampèremètres à courants alternatifs à les faire étalonner, chaque fois que cela est possible, sur place et au moyen du courant même qu'ils doivent mesurer.

En tout cas, le Laboratoire indique sur ses certificats la nature du courant employé.

Source alternative. — Comme source, nous employons soit le secteur, soit un alternateur Labour, soit un transformateur rotatif Labour. Un transformateur fixe spécial, ne comprenant au secondaire que deux spires, formées chacune de deux barres de cuivre de 500^{mmq}, et que l'on peut à volonté disposer en parallèle ou en tension, permet de monter facilement jusqu'à 1000 ou 1500 ampères. La fréquence soit de l'alternateur, soit du transformateur rotatif, peut d'ailleurs varier entre de très larges limites, de manière à satisfaire à tous les besoins de la pratique.

Nous reviendrons en détail sur ces appareils dans une Communication ultérieure.

Étalonnement des wattmètres et des compteurs. — Sauf demande

(¹) L'article 8 du Règlement du Laboratoire nous interdit de désigner explicitement les appareils en question.

spéciale, cet étalonnement se fait en courant continu; les mesures d'intensité et de force électromotrice se font par les méthodes que nous avons décrites; nous n'avons donc pas à y revenir. L'importance du service de vérification des compteurs exigée par la direction de l'octroi des abonnés aux combustibles, nous a conduit à faire une installation spéciale pour ce cas : cette installation, en cours d'exécution, ne présente d'ailleurs que des détails destinés à augmenter la rapidité des essais, mais ne change rien aux méthodes de mesure.

Documents officiels relatifs aux opérations du Laboratoire central d'Électricité.

26 janvier.

Instruction sur l'application aux services du département de la guerre du décret du 25 avril 1896 rendant obligatoire l'emploi des unités fondamentales électriques dites internationales. (4e Direction; Matériel du génie.) [*B. O.*, p. r., p. 201 et 202.] (*In extenso.*)

Le décret du 25 avril 1896 prescrit, dans son article 1er, l'obligation d'employer uniquement le système international d'unités électriques dans tous les marchés ou contrats à passer pour le compte de l'État.

Les articles 2, 3 et 4 de ce décret définissent les unités fondamentales de résistance, d'intensité et de force électromotrice. Ils donnent, en outre, les dimensions de la colonne mercurielle qui représente l'unité de résistance en ohm, ainsi que les moyens de représenter, d'une manière suffisamment exacte pour les besoins de la pratique, l'unité d'intensité ou ampère et l'unité de force électromotrice ou volt.

Les notes annexées au décret indiquent les règles à suivre, pour réaliser expérimentalement la définition pratique de l'ampère et pour préparer l'élément Latimer Clark, dont la force électromotrice constante est dans un rapport connu avec l'unité de force électromotrice.

Le maniement des appareils et les expériences indiquées dans les notes précitées sont d'une nature trop délicate pour être exécutés par les services locaux dépourvus, du reste, des laboratoires nécessaires à leur exécution.

En ce qui concerne la représentation pratique de l'unité de résistance, qui offre des difficultés beaucoup plus grandes encore, les annexes du décret ne fournissent aucune indication.

Au surplus, les appareils ou expériences de laboratoire qu'on pourrait réaliser pour représenter les unités ne seraient d'aucune utilité pour la mesure des grandeurs électriques fournies par l'industrie ou par les générateurs usuels dont on dispose.

Ces expériences ne pourraient servir qu'à déterminer la graduation d'appareils simples destinés à la mesure directe des grandeurs électriques fournies par l'industrie.

Il y a lieu, en conséquence, de se conformer aux usages universellement adoptés par les industriels et les constructeurs en utilisant, pour la réception des installations

électriques, des appareils de mesure gradués empiriquement et comportant une lecture simple et facile.

A défaut d'étalons primaires ou prototypes déposés dans un établissement de l'État, les instruments de mesures, ampèremètres, voltmètres ou boîtes de résistance fournies par les constructeurs directement aux services locaux devront être étalonnés par la Société internationale des Électriciens (dont le siège est à Paris, rue de Staël, n°s 12 et 14).

Les frais de cet étalonnage sont à la charge du fournisseur.

La Société apposera son poinçon sur l'appareil de mesure ou le fera accompagner d'un certificat portant contrôle ou rectification de sa graduation.

Les appareils de mesures isolés, voltmètres ou ampèremètres, poinçonnés ou non par la Société des Électriciens, dont disposent les établissements militaires, ainsi que ceux en service dans les installations électriques existantes, continueront, comme par le passé, à être envoyés périodiquement pour contrôle à la section technique de l'artillerie (pour les établissements de l'artillerie) et au dépôt central de la télégraphie (pour les établissements du génie).

Le service des poudres et salpêtres et les autres services de la guerre pourront, sur l'autorisation du Ministre, adresser leurs appareils à l'un ou à l'autre de ces établissements, dans le cas où l'intervention de la Société internationale des Électriciens leur paraîtrait inutile.

Il sera, en conséquence, stipulé dans les contrats à passer avec des constructeurs en machinerie électrique :

1° Que les grandeurs électriques à fournir, résistance, intensité et force électromotrice seront mesurées en unités internationales (ohms, ampères et volts) définies au décret du 25 avril 1896;

2° Que la graduation des instruments de mesures à employer pour la réception des diverses parties d'une installation, ainsi que celle des instruments figurant au tableau seront contrôlés au Laboratoire d'électricité de la Société des Électriciens, dont le siège est à Paris, rue de Staël, 12 et 14.

Ce contrôle sera justifié soit par l'apposition d'un poinçon, soit par la délivrance d'un certificat accompagnant chaque appareil.

ARRÊTÉ PRÉFECTORAL RELATIF AUX TAXES D'OCTROI DE CHARBON DES USINES ÉCLAIRÉES A LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

Le Préfet de la Seine,

Vu l'arrêté préfectoral du 26 août 1889,

Vu le rapport du Directeur de l'Octroi en date du 27 juillet 1897,

Vu les notes de la Direction des Travaux en date des 1er mai et 12 juin 1897,

Sur la proposition du Directeur de l'Octroi,

Arrête :

ART. 1. — Les industriels abonnés aux combustibles, qui éclairent leurs établissements à la lumière électrique, sont autorisés à faire usage soit du compteur horaire prévu par l'article 2 de l'arrêté préfectoral du 26 août 1889, soit d'un compteur d'énergie d'un type agréé par l'Administration et qui sera dûment vérifié chaque année aux frais desdits industriels.

Art. 2. — Les quantités de charbon employées à l'éclairage électrique et soumises au droit plein de $0^{fr},72$ les 100^{kg} seront calculées pour les compteurs horaires à raison de $1^{kg},800$ de charbon par cheval-heure et pour les compteurs d'énergie à raison de 3^{kg} de charbon par kilowatt-heure.

Art. 3. — Le Secrétaire général de la Préfecture et le Directeur de l'Octroi sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Recueil des Actes administratifs et dont une ampliation sera adressée au Directeur administratif de la voie publique et des eaux et égouts.

Paris, le 4 août 1897.

Pour le Préfet et par Délégation :

Le Secrétaire général de la Préfecture,

Signé : Bruman.

Paris, le 14 septembre 1897.

Première division. — Entrepôts. — N° 3701. — *Les abonnés aux combustibles, qui éclairent leurs usines à la lumière électrique, sont autorisés à faire usage, soit d'un compteur horaire, soit d'un compteur d'énergie.*

Monsieur l'Inspecteur,

Par arrêté préfectoral en date du 4 août 1897, dont vous trouverez ci-inclus quatre exemplaires, les abonnés aux combustibles, qui éclairent leurs usines à la lumière électrique et qui doivent, en conséquence, acquitter le droit plein sur la houille ayant servi à la production de ladite lumière, sont autorisés à faire usage soit d'un compteur horaire, soit d'un compteur d'énergie. Les industriels, qui jusqu'ici se trouvaient dans l'obligation d'installer un compteur horaire sur leur dynamo, pourront donc se servir à leur gré d'un compteur d'énergie placé sur le circuit spécial d'éclairage, mais à la condition que ces wattmètres soient construits d'après un modèle agréé par l'Administration et subissent une vérification annuelle aux frais des contribuables.

Les compteurs Thomson, Aron, Frager étant seuls agréés jusqu'à ce jour, le choix des abonnés devra se porter sur l'un d'eux. Moyennant une rétribution, le Laboratoire central d'Électricité, 12 et 14, rue de Staël, à Paris, procédera aux vérifications des compteurs d'énergie et donnera au Service de l'Octroi le résultat de ses vérifications.

REVUE DES TRAVAUX ET PUBLICATIONS.

I. Pour déterminer la constante η de Steinmetz, pour les tôles, le Dr Fleming propose d'en faire un paquet de 68^{cm} de long sur $2^{cm},5$ de large, de placer une bobine à une distance de $13^{cm},2$ d'une des extrémités et de lancer un courant alternatif dans un solénoïde long enveloppant le tout; un voltmètre électrostatique déterminerait B_m, et un wattmètre l'énergie W consommée dans le solénoïde, d'où l'on déduirait η par la formule $W = \eta B_m^{1,6}$.

Le Dr Fleming s'appuie sur une série d'expériences dans lesquelles il a étudié la répartition du flux dans un paquet de tôles placé à l'intérieur d'un long solénoïde; il a trouvé que la valeur moyenne de $B^{1,6}$, pour l'ensemble du paquet, est la valeur mesurée à une distance de 22 pour 100 de l'extrémité du barreau. (*Physical Society*; 11 juin 1897.)

II. Du rapport sur les travaux du *Reichsanstalt*, nous extrayons les renseignements suivants :

a. Les éléments (type Clark) au sulfate de cadmium présentent parfois, comme les éléments au sulfate de zinc, des anomalies dues à la sursaturation.

b. Le rapport entre l'élément Clark, mesuré à 0°, et l'élément au cadmium, mesuré à 20°, est 1,4227; le rapport entre l'élément Clark à 15° est moins rigoureusement déterminé; la différence entre l'élément Clark à 0° et à 15° serait de 0,0163 volt. La formule

$$E_t = E_{15} - 0,00119\,(t - 15) - 0,000007\,(t - 15)^2$$

paraît représenter la force électromotrice du Clark entre 0° et 30°.

III. Le Dr Aron a décrit au Congrès des Électriciens allemands, tenu à Eisenach, un nouveau compteur, qu'il considère comme beaucoup plus exact et plus sensible que l'ancien. Il consiste en deux pendules très courts (200 oscillations par minute) portant chacun une bobine en dérivation, soumise à l'influence d'une bobine fixe en série avec le courant principal: l'un des pendules est accéléré, l'autre est retardé, et un train planétaire différentiel enregistre la différence des angles dont ont tourné deux rouages actionnés par les roues d'échappement des deux pendules. Le mouvement de ces pendules est entretenu électriquement par un électroaimant en dérivation, qui n'agit pas directement sur la roue d'échappement de chaque pendule, mais par l'intermédiaire d'un second train planétaire,

monté de manière que son axe ait une vitesse angulaire égale à la *demi-somme* des vitesses des deux roues d'angle; les efforts transmis aux pendules sont égaux, même si leur marche est inégale. Enfin, pour corriger l'erreur provenant du défaut de synchronisme initial, le sens du courant dans la dérivation est changé automatiquement toutes les vingt minutes, en même temps qu'un embrayage spécial renverse le sens de rotation de l'aiguille du compteur par rapport à l'axe du train différentiel. Ainsi perfectionné, le compteur Aron serait exact à partir de zéro.

(*Elektrotechnische Zeitschrift;* 1er juillet 1897.)

IV. Pour éviter les inconvénients résultant de la fusion des pointes de paratonnerres, la Société Erslingen construit des appareils formés de plusieurs paratonnerres en série; la plaque inférieure de chaque paratonnerre est reliée à la terre par un circuit comprenant un plomb fusible; de plus, quand celui-ci vient à fondre, un ressort presse un contact sur les plaques du paratonnerre correspondant, de manière à y établir un court circuit franc et à supprimer l'aire. (*Elektrotechn. Zeitschr.*, 3 juin 1897.)

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

Amérique.

Electrical Engineer.

23/6. — Ateliers de constructions électriques ; *J. Hobert.* — Emploi des accumulateurs ; *J. Appleton.* — Télégraphie automatique ; *J. Delany.*

30/6. — Pose des fils ; *Sharpsteen.* — Emploi des accumulateurs ; *J. Appleton.* — Action des solénoïdes sur leurs noyaux ; *W. Chapman.*

7/7. — Télégraphie automatique (*fin*) ; *P. Delany.* — Télégraphe imprimant photographique ; *J. Eaton.* — Construction des téléphones privés ; *J. Smith.* — Pose des fils ; *J. Sharpsteen.* — Spectrophotométrie des lampes à incandescence ; *W. Turnbull.* — Emploi des accumulateurs ; *J. Appleton.* — Ateliers de constructions électriques ; *J. Hobert.*

15/7. — Essais d'interrupteurs magnétiques automatiques ; *C. Clark* et *C. Mac Mullen.* — Pratique des accumulateurs (*suite*) ; *J. Appleton.* — Installation d'Ogden (Utah).

22/7. — Nouvelle expérience électro-capillaire ; *J. Harris.* — Pratique des accumulateurs (*suite*) ; *J. Appleton.* — Essais d'interrupteurs (*fin*) ; *C. Clark* et *C. Mac-Mullen.* — Transmissions dans les ateliers de fonderie et de construction de Farrell.

29/7. — Dernière forme du tube à vide Moore.

5/8. — Installation de 150 000 chevaux sur le Saint-Laurent.

12/8. — Fours électriques ; *F. Patten.* — Transformateurs rotatifs ; *C. Scott.*

19/8. — Transformateurs rotatifs ; *C. Scott.* — Fours électriques ; *F. Patten.*

26/8. — Transformateurs rotatifs (*fin*) ; *C. Scott.* — Fours électriques (*fin*) ; *F. Patten.* — Dynamomètre de transmission Bedell. — Emploi des accumulateurs dans les stations de tramways ; *L. Schrœder.*

2/9. — Ouverture du tramway souterrain de Boston ; *H. Weller.* — Installations des tramways de Charleston.

9/9. — Le téléphone à Hartford (*Connecticut*).

16/9. — Système Royse de télégraphie pour trains de chemin de fer. — Expériences sur les rayons Röntgen ; *T. Porter.* — Action électrolytique et résistance des conducteurs industriels ; *K. Guthe.* — Spectre de l'arc ; *A. Foley.*

23/9. — Téléphone de Binghampton ; *H. Gardner.* — Système Crocker (tramway à contact superficiel).

30/9. — Éclairage de Rochester ; *G. Muldaur.* — Mécanisme des lampes à arc ; *H. Watts.*

7/10. — Mécanisme (*suite*) ; *H. Watts.*

14/10. — Mécanisme (*fin*) ; *H. Watts.* — Prévention de l'électrolyse ; *H. Brown.*

21/10. — Système de contacts superficiels de la *General Electric.* — Application des accumulateurs à la traction ; *C. Hewitt.*

Electrical World.

19/6. — Ligne du Niagara à Buffalo ; *J. Withe.* — Caniveaux pour canalisations ; *W. Maver.*

3/7. — L'électricité sur la scène ; *H. Bissing.* — Pont tournant manœuvré électriquement ; *J. Woodbridge.* — Théorie physique de l'Électricité et du Magnétisme ; *T. Hall.*

10/7. — Installation du New-York Life Building. — Le Niagara ; *L.-B. Stilwell.* — Spectrophotométrie des lampes à incandescence ; *W.-R. Turnbull.*

17/7. — Proposition pour la construction des bobines d'induction ; *G. Hontchet.* — Essais d'isolement et de résistance des tramways ; *F. Porter.*

24/7. — Essais d'une installation de mine ; *T. Philipps* et *J. Swain.* — Usage possible de l'air liquéfié en Électricité ; *E. Thomson.* — Production directe du courant par le charbon ; *J. Hellweg.*

31/7. — Usage du chauffage électrique dans la fabrication des chapeaux. — Lampes à 220 volts ; *G. Shepardson.* — Les compteurs actuels ; *R. Schuchardt.* — Automobiles et locomotives ; *W. Baxter.*

7/8. — Système Sprague pour *Elevated Railroads,* à Chicago. — Questions relatives aux ascenseurs électriques ; *J. Woodbridge.* — Emploi de l'électricité sur les Elevated Railways ; *S. Short.*

14/8. — Les cabs électriques à New-York. — Diagnose des tramways ; *C. Billberg.* — Prédétermination du réglage des transformateurs ; *J. Bedell, R. Chandler* et *R. Sherwood.*

21/8. — Les cabs électriques à New-York. — Construction des caniveaux à Saint-Louis ; *F. Cosby.* — Tondeuses électriques ; *W. Dickinson.*

28/8. Trolley souterrain à New-York. — Construction des caniveaux à Saint-Louis (*suite*) ; *F. Cosby.* — Essai sur les variations des constantes des compteurs avec la température et le débit ; *G. Ricks.*

4/9. — Construction (*fin*) ; *F. Cosby.* — Note sur la stabilité du synchronisme ; *W. Franklin.* — Nouveau procédé de mesure de l'hystérésis ; *J. Gill.*

11/9. — Tramway souterrain de Boston ; *J. Talbot.* — Essais sur les variations (*suite*) ; *G. Ricks.* — Compteur Thomson ; *W. Ayrton.*

17/9. — Construction d'un transformateur de 1250 watts ; *H. Carhart.* — L'air liquide comme isolant ; *J. Fleming* et *E. Thomson.*

23/9. — Comparaison des fusibles et des coupe-circuits pour la protection des moteurs ; *J. Sachs.* — Essais... (*fin*) ; *G. Ricks.*

2/10. — Expériences sur les tubes de Crookes ; *A. Dell.* — Valeurs relatives des lampes à 220 et à 110 volts ; *F. Villcox.*

9/10. — Emploi des moteurs électriques pour l'impression et la reliure ; *R. Bishop.*

16/10. — Emploi... (*suite*) ; *R. Bishop.* — Phénomène de rotation à grande vitesse ; *J. Mullroy.*

23/10. — Usage des courants polyphasés pour les tramways ; *M. Hoopes.*

Transactions of the American Institute of Electrical Engineers.

Mai 1897. — Application du calcul hyperbolique à la décharge d'un condensateur ; *A. Macfarlane.* — Les moteurs d'induction ; *C. Steinmetz.* — Nouvelle forme de bo-

bine d'induction ; *E. Thomson.* Effet de la chaleur sur les isolants ; *A. Bates* et *C. Barnes.*

ALLEMAGNE.

Elektrotechnische Zeitschrift.

8/7. — Suspensions des fils aériens pour tramways ; *G. Rasch.*

15/7. — Suspensions... (*fin*); *G. Rasch.*

22/7. — Nouvelle suspension pour lampes à arc ; *H. Rentsch.* — Synchronographe (*fin*) ; *A.-C. Crehore* et *G.-O. Squier.*

29/7. — Considérations sur les armatures à trous et à dents ; *Dolivo Dobrolowsky.* Télégraphie sans fils ; *W. Preece.* — Règles pour l'emploi des courants de haute tension.

5/8. — Tramways de Leipzig ; *Eisig.* — Échauffement des transformateurs. — Simplification des paratonnerres ; *K. Strecker.* — Coup de foudre sur les conduites d'eau d'Erfurt.

12/8. — Limite d'aimantation des aimants permanents ; *E. Andreas.* — Transmetteurs de signaux à champ tournant ; *C. Arldt.*

19/8. — Limite d'aimantation... (*fin*) ; *E. Andreas.* — Considérations sur les armatures à dents et à trous ; *H. du Bois.* — Calcul de l'attraction électromagnétique ; *M. Vogelsang.* — Système télégraphique Marconi. Électromètre à quadrants de grande sensibilité ; *F. Dolezaleck.*

26/8. — Moteur à courant alternatif démarrant sous charge ; *A. Heyland.* — Appel de station ; *H. Wetzer.* — Imitation mécanique des principaux phénomènes électriques ; *J.-F. Weyde.*

2/9. — Théorie des moteurs à champ tournant et à nombre variable de pôles ; *E. Ziehl.* — Imitation mécanique... (*fin*) ; *J.-F. Weyde.*

9/9. — Tramways de Buda-Pesth ; *Braun.* — Tracé des courbes suivant la méthode de Joubert ; *F. Eichberg.*

16/9. — Théorie et emploi du Phasomètre ; *J. Teichmüller.*

23/9. — Théorie... (*suite*) ; *J. Teichmüller.* — Influence des temps et de la température sur la capacité et le résidu des condensateurs ; *J. Hopkinson* et *E. Wilson.*

30/9. — Épuisement du Delta de Munel ; *L. Silberstein.* — Sensibilité du téléphone et son emploi dans les mesures ; *R. Franke.*

7/10. — Théorie... (*suite*) ; *J. Teichmüller.* — Sensibilité... (*suite*) ; *R. Franke.* — Locomotive électrique de l'*Allgemeine Elektricitats Gesellschaft.*

14/10. — Calcul des alternateurs et spécialement de la réaction d'induit ; *Fischer Hinnen.* — Sur le mode d'action des parafoudres discontinus et la protection collective ; *K. Koch.*

21/10. — Notice sur la construction de l'élément étalon au cadmium ; *W. Jeager.* — Théorie... (*suite*) ; *J. Teichmüller.* — Horloge électrique ; *W. Elsasser.* — Nouveau dispositif de la méthode de Joubert, pour l'étude des courants alternatifs ; *W. Kübler.*

28/10. — Nouveau système de réglage pour les tramways ; *A. Blondel.* — Circuits pour annoncer automatiquement la remise en état des fils télégraphiques et faciliter la localisation des défauts ; *Dehms.* — Calcul du compoundage des machines à courant continu ; *L. Fleischmann.* — Théorie... (*fin*) ; *Teichmüller.*

4/11. — Schéma pour circuits à trois fils, avec l'emploi de la même machine comme survolteur ou réserve pour l'un ou l'autre pont ; *M. Grühn.* — Théorie mécanique de

l'électrolyse d'après la théorie de Maxwell ; *J. Weyde.* — Nouvelle action du magnétisme sur la lumière ; *Kalischer.*

ANGLETERRE.

The Electrician.

2/7. — Essais des fils télégraphiques ; *J. Young.* — Station centrale de Wynau ; *J. Petavel.* — Système téléphonique de la Grande-Bretagne ; *L. Raphaël.* — Hypothèses sur la production des rayons Röntgen.

9/7. — Système téléphonique... (*suite*) ; *C. Raphaël.* — Industrie métallurgique aux États-Unis. — Production de la vapeur ; *F. Snell.* — Production de la vapeur ; *J. Steinitz.*

16/7. — Méthodes d'essai des lignes télégraphiques (*suite*) ; *J. Young.* — Électrisation de l'air, de la vapeur et d'autres gaz ; *Lord Kelvin, M. Maclean* et *A. Galt.* — Éclairage public ; *H. Boot.* — Emploi des rectifiers pour l'éclairage ; *C. Taite.* — Éclairage d'Édimbourg ; *S. Fedden.* — Mesure de l'inductance par le secohm-mètre ; *H. Allen.*

23/7. — Compteurs électriques ; *T. Wilmhurst.*

30/7. — Localisation des fontes sur les réseaux souterrains ; *R. Quin.* — Système téléphonique du Royaume-Uni ; *C. Raphaël.*

6/8. — Théorie électromagnétique ; *O. Heaviside.* — Variation du coefficient de torsion du fer dans les champs intenses ; *H. Day.* — Méthodes d'essai... (suite) ; *J. Young.* — Succédanés du caoutchouc ; *H. Terry.*

13/8. — Système téléphonique... (*suite*) ; *C. Raphaël.* — Systèmes de distribution ; *J. Blaikie.* — Systèmes de distribution ; *J. Jeckell* (*loc. cit.*).

20/8. — Méthodes d'essai... (*suite*) ; *J. Young.* — Cabs électriques.

27/8. — Système téléphonique... (*suite*) ; *C. Raphaël.* — Rapport entre les dimensions du cratère et les constantes de l'arc pour charbons à mèche ; *Mrs. Ayrton.* — Pertes dans les transformateurs et les harmoniques supérieurs ; *W. Burnie.* — Constitution de l'étincelle ; *A. Schuster.*

3/9. — Méthodes d'essai... (*suite*) ; *J. Young.* — Oscillographes ; *W. Duddell.*

10/9. — Modification de la forme d'élément étalon Clark du *Board of Trade ; H. Callender* et *H. Barnes.* — Tramways de Montréal ; *C. Cunningham.* — Constantes diélectriques à la température de liquéfaction de l'air.

17/9. — Matériaux magnétiques pour dynamos. Système téléphonique... (*suite*) ; *C. Raphaël.*

24/9. — Méthodes d'essai... (*suite*) ; *J. Young.* — Éléments étalons ; *C. Fisher.* — Notes sur l'arc électrique ; *T. Hesketh.* — Accumulateur ; *E. Wade.*

1/10. — Télégraphie sous-marine ; *R. Sayers* et *S. Grant.* — Système téléphonique... (*suite*) ; *C. Raphaël.*

8/10. — Méthodes d'essai... (*suite*) ; *J. Young.*

15/10. — Le champ magnétique dans les armatures perforées ; *F. Baily.* — Nouvelle méthode pour localiser les ruptures des câbles sous-marins ; *C. Schaefer.* — Accumulateurs ; *E. Wade.* — Nouvelle station de Bradford.

22/10. — Facteurs du rendement de l'arc alternatif ; *W. Burnie.* — Expériences sur l'arc alternatif ; *C. Smith.* — Sur les propriétés magnétiques du fer et de l'acier ; *J. Fleming.*

29/10. — Méthodes d'essai... (*suite*); *J. Young*. — Perfectionnements dans la localisation des défauts des câbles ; *C. Schaefer*. — Sur les propriétés... (*suite*); *J. Fleming*.

5/11. — Système téléphonique... (*suite*); *C. Raphaël*. — Permanence des bobines de résistance; *W. Ayrton*. — Note sur la fabrication électrolytique de la soude; *J. Kershaw*. — Caniveaux de Saint-Louis (*fin*); *J. Cosby*. — Sur les propriétés... (*suite*); *J. Fleming*.

Electrical Review.

2/7. — Station de Shoreditch. — Diffusion des rayons Röntgen.

2/7. — Chemin de fer de New-Haven (à contact superficiel).

16/7. — Chemin de fer de New-Haven (*suite*). — Système de télégraphie Marconi. — Transmission de Fresno (Californie). — Installation d'un moteur asynchrone monophasé ; *E. Scott*.

23/7. — Systèmes de distribution ; *J. Blaikie*. — Systèmes de distribution ; *J. Jeckell*.

30/7. — Localisation des défauts ; *R. Quin*.

6/8. Stations hydro-électriques des États-Unis. — Machine Rushmore à circuits multiples. — Induction dans des noyaux courts ; *H. Eurich*. — Influence des défauts et des dimensions des câbles sur la vitesse de transmission des signaux ; *W. Price*.

13/8. — Stations hydro-électriques... (*suite*). — Caractéristiques des dynamos ; *W. Stine*. — Pertes dans les arrêts des tramways ; *H. Herring*. — Rupture d'un volant. — Tramways de Tacoma ; *A. Hawks*. — La Terre, un grand aimant ; *J. Fleming*.

20/8. — Règles de l'*Institution of Electrical Engineers*. — Stations du chemin de fer de Brooklyn ; *H. Gunton* et *H. Lomas*. — Lampes à 220 volts ; *G. Shepardson*. — Potentiomètre à grande échelle ; *L. Fry*. — Les compteurs actuels ; *Schuchardt*. — La Terre, un grand aimant ; *J. Fleming*.

27/8. — Usage des canalisations d'éclairage pour les bureaux téléphoniques ; *C. Smith*. — Tramways électriques de Leeds.

10/9. — Télégraphes du Royaume-Uni ; *C. Bright*.

17/9. — Tramways de Bruxelles ; *E. Scott*. — Calcul des rhéostats ; *V. Zingler*.

24/9. — Télégraphes du Royaume-Uni ; *C. Bright*. — Méthode pour la mesure du coefficient de self-induction d'un conducteur ; *L. Fry*.

1/10. — Calcul des rhéostats (*fin*); *V. Zingler*. — Tramways de Douvres.

8/10. — Une méthode oubliée d'essais des câbles ; *A. Tobler*. — Réparations des appareils de tramways ; *W. Shepard*.

18/10. — Stérilisation des eaux par l'ozone ; *E. Andreoli*. — Électricité musculaire ; *J. Wright*.

22/10. — Les courants terrestres au point de vue astronomique ; *A. Cotterell*. — Électricité... (*suite*); *J. Wright*.

5/11. — Les courants... (*suite*); *A. Cotterell*. — Électricité... (*suite*); *J. Wright*. Théorie de la bobine d'induction.

Journal of the Institution of Electrical Engineers.

Juillet. — Troubles dans les transmissions sous-marines causés par les tramways ; *A. Trotter*. — Sur les dynamos ; *W. Mordey*.

AUTRICHE.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

15/7. — Prises de courant pour fils aériens et souterrains de tramways ; *P. Poschenrieder*. — Recherches sur la balance magnétique de du Bois.

15/8. — Détermination du synchronisme des alternateurs par le téléphone ; *G. Meyer*.

1/9. — L'électricité obtenue directement du charbon ; *E. de Fodor*.

L'électricité... (*fin*) ; *E. de Fodor*. — Frein électropneumatique Chaptal.

15/9. — Mesure de la fréquence ; *G. Meyer*. — Considérations sur les forces moléculaires ; *W. Wolfrum*.

1/10. — Enroulements à circuit ouvert ; *F. Eichberg*.

15/10. — Sur l'attraction électro-magnétique ; *M. Reithoffer*. — Tramways de Prague.

1/11. — Développement des multiples dans les bureaux téléphoniques ; *H. Hellriegel*.

BIBLIOGRAPHIE.

Les ascenseurs : ascenseurs hydrauliques, ascenseurs hydrauliques avec emploi de moteurs, à air comprimé, à gaz ou électriques, ascenseurs électriques ; par G. DUMONT et G. BAIGNIÈRES. (Vve Ch. Dunod et P. Vicq, éditeurs.)

En faisant paraître en volume les articles qu'ils avaient publiés dans le *Génie civil* sur les ascenseurs, MM. Dumont et Baignières ont rendu un véritable service à tous ceux que la question peut intéresser, car il n'existait pas encore d'ouvrage d'ensemble sur ce sujet.

Dans le premier Chapitre, les auteurs étudient les organes accessoires, ils indiquent très clairement les conditions à remplir, tant au point de vue de l'équilibrage qu'à celui du guidage et de la sécurité.

Le deuxième Chapitre est consacré aux ascenseurs hydrauliques, avec ou sans puits.

Le troisième Chapitre traite des ascenseurs hydrauliques, dans lesquels l'eau d'échappement est utilisée à nouveau pour l'ascension. On a été amené à cette combinaison par l'augmentation notable du tarif de l'eau à Paris. On emploie pour cela soit de l'air comprimé, soit des moteurs à gaz ou électriques actionnant une pompe.

Dans le quatrième Chapitre, les auteurs étudient les ascenseurs électriques proprement dits. Après avoir indiqué les conditions que doivent remplir les moteurs, ils étudient successivement les ascenseurs Whillier, Sée, Roux et Combaluzier, Geiger, Feske et Cie (dans lesquels le moteur démarre à vide), Léonard, Edoux, Sautter-Harlé, Perret, Sprague, Oles et Dulait.

Un paragraphe est consacré à la description des dispositifs pour la commande à distance par l'électricité des moteurs électriques, au moyen de boutons poussoirs et d'un distributeur général système Pifre et Brillié.

Nous ne pouvons mieux terminer ce rapide compte rendu qu'en citant la dernière

phrase de cet intéressant Ouvrage : « Dans l'intérêt général, nous croyons devoir former le vœu que l'énergie électrique arrive à conquérir, dans ses applications mécaniques, la place qui lui est due en raison même des avantages qu'elle présente ».

La traction électrique, par C. Tainturier, Ingénieur des Arts et Manufactures. (Bibliothèque électrotechnique, J. Fritsch, éditeur).

Ainsi que le dit l'auteur dans sa Préface, cet Ouvrage donne les premières notions de traction électrique, ainsi que des renseignements pratiques, sans entrer dans les détails de la théorie.

La première Partie de l'Ouvrage est consacrée à l'étude d'une ligne de tramways électriques à moteurs alimentés par une source d'électricité extérieure à la voiture.

L'auteur y étudie successivement le tracé, la voie, les canalisations, les voitures, les régulateurs ou contrôleurs et l'exploitation.

La deuxième Partie traite des différents systèmes de traction électrique : en première ligne, des tramways à canalisations aériennes, des sociétés : l'Industrie électrique, Thomson-Houston, Fives-Lille et Oerlikon, avec la description de nombreuses lignes établies en France et en Suisse.

En deuxième ligne viennent les tramways à canalisations souterraines, puis ceux à canalisations au niveau du sol, des systèmes Claret-Vuilleumier, Westinghouse et Diatto. Cette partie se termine par l'étude sommaire des tramways à accumulateurs, des chemins de fer, des voitures électriques, de la traction sur l'eau et des tramways à courants triphasés.

Dans la troisième Partie, consacrée aux considérations générales, l'auteur donne des renseignements sur les prix de revient d'installations et d'exploitation et dit quelques mots des effets d'électrolyse.

La quatrième Partie donne les lois et décrets réglementant l'installation et l'exploitation des tramways, et se termine par un exemple de mémoire descriptif à joindre à une demande en concession.

Cet Ouvrage est très clair et permet aux personnes qui ne se sont pas occupées de la traction électrique de se faire une idée nette de l'état actuel de la question, surtout au point de vue des tramways.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 1er décembre 1897 (1).

Présidence de M. H. PELLAT, Vice-Président.

La séance est ouverte à $8^h 40^m$ soir.

Le procès-verbal de l'Assemblée générale et de la Réunion mensuelle tenues le 10 novembre est adopté.

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts pour la Bibliothèque et des demandes d'admission suivantes :

MM.

Bergès (Aristide), Fabricant de papiers, Propriétaire de la Station d'éclairage dans la vallée du Grésivaudan de dix communes près de Grenoble, à Lancey, commune de Villard-Bonnot, arrondissement de Grenoble (Isère). — Présenté par MM. P. Janet et A. Hillairet.

Binder (Henri-Léon), 49, rue Ampère, à Paris. — Présenté par MM. A. Lalance et Brylinski.

Bour (Paul), Ingénieur en chef de la *Société pour la transmission de la force par l'Electricité,* 13, rue Lafayette, à Paris. — Présenté par MM. A. Hillairet et Gosselin.

Chevrier (Louis-Georges), Ingénieur à l'usine centrale du Secteur électrique de la rive gauche de Paris, 41, quai d'Issy, à Issy-les-Moulineaux (Seine). — Présenté par MM. Miet et Larnaude.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

La Réunion est informée que les dons ci-après ont été faits pour le Laboratoire central et à l'École supérieure d'Électricité :

Don au Laboratoire :

M. Mildé...... Don de 500fr pour installation du Laboratoire.

Don à l'École :

Anonyme............. 3000fr.
(Don spécial destiné à l'acquisition d'une fraiseuse pour l'atelier.)

Des remercîments sont adressés aux auteurs de ces envois.

M. le Président. — « J'ai le plaisir de vous annoncer la présence parmi nous de M. R. Arno, qui a bien voulu faire le voyage de Turin pour venir exposer devant la Société sa théorie sur les moteurs synchrones à courant alternatif simple. Je lui souhaite la bienvenue et lui donne la parole. »

THÉORIE ÉLÉMENTAIRE DE LA MÉTHODE DE L'AUTEUR POUR LE DÉMARRAGE DES MOTEURS ÉLECTRIQUES ASYNCHRONES A COURANT ALTERNATIF SIMPLE.

M. le professeur Riccardo Arnò. — « Messieurs, dans une première Communication ([1]), faite à l'Association électrotechnique italienne, j'ai démontré une nouvelle propriété des moteurs asynchrones à courant alternatif simple; c'est-à-dire que, pour une valeur critique de la résistance r des enroulements élémentaires de l'armature, valeur qui est fonction de l'inductance L des enroulements mêmes et de la fréquence n du courant, la courbe, dont les points ont pour abscisses les valeurs de la vitesse angulaire m de l'armature et pour ordonnées les valeurs du moment W du couple moteur, reçoit à l'origine une inclinaison telle qu'à de très petites valeurs de m, comme sont celles que l'on peut obtenir moyennant une légère impulsion à la partie mobile du moteur, correspondent des valeurs de W déjà supérieures au moment du couple résistant de l'appareil à vide ou sous faible charge. Et comme l'inclinaison, par rapport à l'axe des abscisses, de la courbe du moteur à l'origine, est, comme je l'ai encore démontré, nulle pour $r = 0$ et pour $r = 2\pi n L$, j'ai conclu que la valeur de la *résistance critique* est comprise entre zéro et $2\pi n L$.

» Postérieurement, dans une seconde Communication ([2]), j'ai exposé les résultats de nouvelles expériences exécutées sur des moteurs de grande puissance, jusqu'à 110 chevaux, distribués sur le réseau de l'établissement électrique de M. Sutermeister, à Intra. Ces moteurs, qui ont été construits par la maison Brown, Boveri et Cie, démarraient jusqu'ici à l'aide du procédé employé habituellement par Brown, avec lequel on obtient le décalage de phase du second courant, qui engendre, avec le courant principal, le champ magnétique tournant, au moyen d'une capacité voltamétrique. Eh bien, dès le jour de mes expériences, on vient de pourvoir, sans exception, au démarrage des moteurs en question, par

([1]) Communication faite à la section de Turin, le 22 septembre 1897.
([2]) Communication faite à l'Assemblée générale, à Milan, le 24 octobre 1897.

l'application de ma méthode : ce qui prouve pratiquement qu'elle est, non seulement plus simple et économique que celles qui ont été employées jusqu'à présent, mais aussi plus avantageuse.

» Je vous demande, Messieurs, la permission, en vous exprimant les plus vifs remercîments pour l'extrême amabilité avec laquelle vous m'honorez de votre précieuse attention, de vous exposer analytiquement la théorie élémentaire de ma méthode de démarrage des moteurs asynchrones à courant alternatif simple ([1]), ce qui aura pour résultat de nous conduire soit à la détermination de la valeur, en fonction de L et de n, de la résistance critique, soit à la connaissance des principales propriétés dont jouit le moteur par l'effet de la résistance critique même.

» Puisque, dans le premier instant de la période de démarrage auquel correspond, dans ma méthode, une très petite vitesse angulaire de l'armature, on peut admettre que la courbe du moteur ait à se confondre avec la tangente à la courbe même à l'origine, ce qui est d'autant plus admissible, parce que la courbe présente en un tel point une inflexion, il suffira de trouver l'expression générale du coefficient angulaire de la courbe, c'est-à-dire de la tangente trigonométrique de l'angle que la tangente en un point de la courbe même fait avec l'axe des abscisses ; en déduire, faisant $m = 0$, l'expression du coefficient angulaire T à l'origine ; après quoi, supposant variable la résistance r, déterminer la valeur de r qui rend maximum T et qui représente, par conséquent, la valeur critique de la résistance même.

» En désignant par B la moitié de la valeur maxima de l'induction dans le champ magnétique alternatif, avec S la surface de chacun des enroulements élémentaires de l'armature et avec N le nombre de ces enroulements, le moment W du couple moteur est donné par la relation suivante, qui a été indiquée, pour la première fois, par MM. Hutin et Leblanc ([2]) :

$$W = \pi N B^2 S^2 r \left[\frac{n - m}{r^2 + 4\pi^2 L^2 (n - m)^2} - \frac{n + m}{r^2 + 4\pi^2 L^2 (n + m)^2} \right],$$

([1]) Grand merci, du plus profond de mon cœur, à M. le colonel Federico Pescetto, qui, avec la plus exquise courtoisie, m'a puissamment aidé dans ce travail.

([2]) *La Lumière Électrique*, t. XL, p. 421 ; 1891.

que l'on peut écrire en faisant, en abrégeant,

$$\pi NB^2S^2 = a \qquad \text{et} \qquad 2\pi L = b,$$

$$W = ar\left[\frac{n-m}{r^2+b^2(n-m)^2} - \frac{n+m}{r^2+b^2(n+m)^2}\right].$$

» En différentiant par rapport à m on obtient

$$\frac{dW}{dm} = ar\left\{\frac{-r^2-b^2(n-m)^2+2b^2(n-m)^2}{[r^2+b^2(n-m)^2]^2} - \frac{r^2+b^2(n+m)^2-2b^2(n+m)^2}{[r^2+b^2(n+m)^2]^2}\right\}$$

et, pour $m = 0$,

$$\frac{dW}{dm_0} = T = ar\left[\frac{-r^2-b^2n^2+2b^2n^2}{(r^2+b^2n^2)^2} - \frac{r^2+b^2n^2-2b^2n^2}{(r^2+b^2n^2)^2}\right]$$
$$= 2ar\,\frac{b^2n^2-r^2}{(b^2n^2+r^2)^2}.$$

» D'où l'on déduit immédiatement que, pour $r = 0$ et pour

$$b^2n^2 - r^2 = 0,$$

on a $T = 0$.

» Donc la tangente à la courbe à l'origine se confond avec l'axe des abscisses pour $r = 0$ et pour $r = bn = 2\pi nL$. Et si $r^2 > b^2n^2$, c'est-à-dire $r > 2\pi nL$, le coefficient angulaire T est négatif : dans tous ces cas la tangente à la courbe à l'origine passe au-dessous de l'axe des abscisses, et conséquemment l'appareil ne peut plus fonctionner comme moteur.

» Cherchons à présent la valeur de r qui rend maximum T.

» En différentiant, par rapport à r, on a

$$\frac{dT}{dr} = 2a\,\frac{(b^2n^2+r^2)^2(b^2n^2-3r^2)-(b^2n^2r-r^3)4r(b^2n^2+r^2)}{(b^2n^2+r^2)^4}$$
$$= 2a\,\frac{r^4-6b^2n^2r^2+b^4n^4}{(b^2n^2+r^2)^3}.$$

» Et T est maximum pour la valeur de r qui satisfait à la condition $\frac{dT}{dr} = 0$, c'est-à-dire

$$r^4 - 6b^2n^2r^2 + b^4n^4 = 0.$$

» Or les valeurs r' et r'' de r, par lesquelles cette équation est satisfaite, sont les suivantes :

$$r' = bn\sqrt{3-2\sqrt{2}} = 0,414.2\pi nL,$$
$$r'' = bn\sqrt{3+2\sqrt{2}} = 2,414.2\pi nL.$$

» Mais en correspondance de la résistance r'', dont la valeur est plus grande que $2\pi n L$, l'appareil, comme nous l'avons démontré, ne peut pas fonctionner comme moteur.

» Donc la valeur de r qui résout le problème, c'est-à-dire qui rend maximum T, est

$$r' = bn\sqrt{3 - 2\sqrt{2}} = bn(\sqrt{2} - 1) = 0,414 . 2\pi n L.$$

» En substituant alors à r, dans l'expression de T, la valeur critique trouvée, on en déduit immédiatement la valeur maxima de T, qui résulte exprimée par

$$T_m = \frac{a}{2bn} = \frac{NB^2S^2}{4L}\frac{1}{n}.$$

» Or il est facile de décrire la courbe du moteur asynchrone à courant alternatif simple, en correspondance de la résistance critique r', si l'on suit la méthode indiquée par M. Leblanc ([1]) et développée ultérieurement et en même temps par M. Galileo Ferraris ([2]) et M. Blondel ([3]), dans laquelle on considère l'appareil comme un moteur à champ tournant différentiel : ce qui revient à dire que l'on considère le champ alternatif du moteur, dans lequel la valeur maxima de l'induction est 2B, comme la superposition de deux champs magnétiques tournant en sens inverse avec la fréquence du courant alternatif, dans lesquels la valeur constante de l'induction est B.

» En désignant par W′ le moment du couple agissant sur l'armature d'un moteur polyphasé, dans le champ duquel l'induction est B, on a, entre W′ et la vitesse angulaire m de l'armature, la relation

$$W' = \pi N B^2 S^2 \frac{r(n-m)}{r^2 + 4\pi^2 L^2 (n-m)^2}.$$

» Or, si l'on porte, sur l'axe des abscisses OX (*fig.* 1), les valeurs de m et sur l'axe des ordonnées OY les valeurs correspondantes de W′, la ligne dans laquelle se traduit cette formule se compose de deux

---

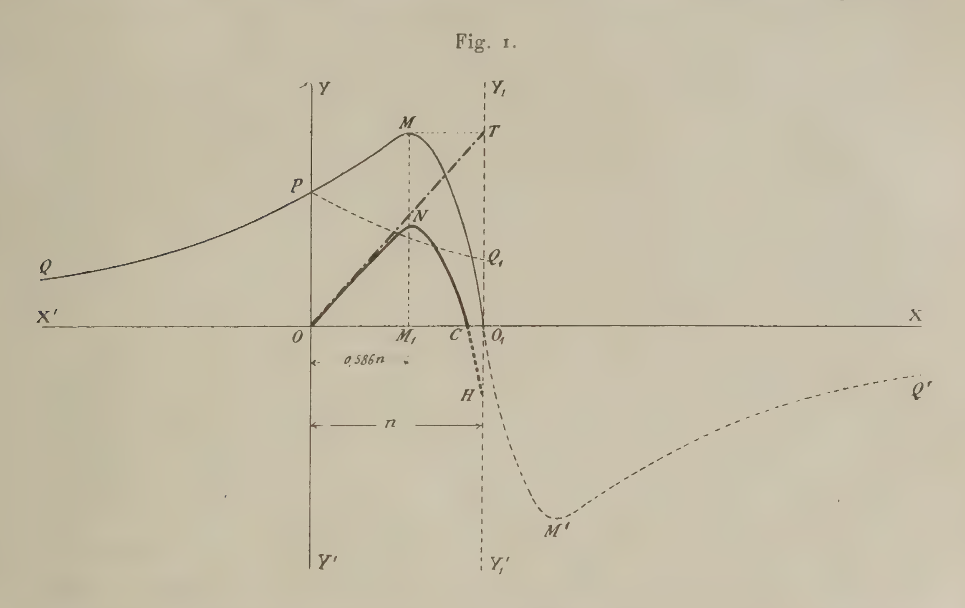
([1]) *La Lumière électrique*, t. XLVI, 31 décembre 1892, article Frank Géraldy.

([2]) *Un metodo per la trattazione dei vettori rotanti od alternativi ed una applicazione di esso ai motori elettrici a correnti alternate* (*Mémoires de l'Académie royale des Sciences de Turin*, série II, t. XLIV).

([3]) *La Lumière électrique*, t. LI, p. 351, article Guilbert.

branches $QPMO_1$ et $O_1M'Q'$, homothétiques relativement au point O_1, qui est un point d'inflexion situé à la distance n de l'origine O chacune des deux branches étant asymptotique à l'axe des abscisses et présentant, en correspondance de la branche $QPMO_1$, qui est

Fig. 1.



celle que l'on a à considérer en pratique, un point M d'ordonnée maxima

$$M_1M = \frac{NB^2S^2}{4L},$$

et dont l'abscisse est

$$OM_1 = n - \frac{1}{2\pi}\frac{r}{L}.$$

» Il résulte que, pendant que l'ordonnée du point M est indépendante de r, son abscisse diminue lorsque r augmente : de manière que l'on peut dire qu'avec l'accroissement de r le point M se transporte sur une parallèle à l'axe des abscisses de droite à gauche, en se rapprochant premièrement de l'axe OY ; en passant par la position indiquée dans la figure, qui correspond au cas de

$$r = 0,414 . 2\pi n L,$$

par lequel l'abscisse de M est

$$OM_1 = n - 0,414n = 0.586\,n;$$

jusqu'à se porter sur l'axe OY pour $OM_1 = 0$, c'est-à-dire pour

$r = 2\pi n L$; et en dépassant enfin l'axe OY du côté gauche, en correspondance des valeurs de r plus grandes que $2\pi n L$.

» De la ligne $QPMO_1$, on peut maintenant déduire celle dans laquelle se traduit la relation entre le moment W du couple agissant sur l'armature du moteur asynchrone à courant alternatif simple et la vitesse angulaire m. Il suffit, à cet effet, de tracer en PQ_1 la ligne symétrique, par rapport à l'axe OY, à la portion PQ de la ligne $QPMO_1$, et soustraire les unes des autres les ordonnées des deux courbes PMO_1 et PQ_1. La ligne ONCH ainsi obtenue montre les propriétés du moteur dans le cas particulier auquel se réfère la figure, où la résistance des enroulements élémentaires de l'armature a la valeur critique

$$r' = 0,414 \cdot 2\pi n L.$$

» Pendant que pour $m = 0$ et $m = OC$ le moment W du couple moteur est nul, pour m différent de zéro, mais tel que sa valeur ne surpasse pas celle qui est représentée par OC, W prend, en passant par un maximum, des valeurs différentes de zéro et positives, lesquelles, bien qu'en correspondance de très petites valeurs de m, sont, en vertu de l'inclinaison relativement prononcée que la courbe prend à l'origine, suffisamment grandes pour être supérieures au moment du couple résistant du moteur au démarrage.

» Or nous venons de trouver l'expression du coefficient angulaire de la courbe en O

$$T_m = \frac{NB^2S^2}{4L}\,\frac{1}{n};$$

et, si l'on observe que

$$M_1M = \frac{NB^2S^2}{4L},$$

on peut écrire la relation suivante entre T_m et M_1M :

$$T_m = \frac{M_1M}{n}.$$

» Si donc on conduit de M une parallèle MT à l'axe des abscisses jusqu'à rencontrer en T la ligne O_1Y_1 conduite par O_1 parallèlement à OY, on a en OT la tangente en O à la courbe ONCH.

» Nous avons établi la condition de

$$r = 0,414 \cdot 2\pi n L = 2,6\, n L,$$

qui doit être satisfaite, afin qu'en correspondance d'une très faible vitesse angulaire initiale imprimée à la partie mobile du moteur, vitesse qui, comme il a été prouvé par mes expériences, ne doit pas être supérieure à celle que l'on obtient en faisant parcourir une fraction de tour à la poulie ou en lançant la courroie à la main, le démarrage du moteur soit possible sous l'action d'un seul courant alternatif. Et puisque la condition de $r = 2\pi n L$ (1) est celle qui doit être satisfaite pour obtenir le meilleur démarrage des moteurs à courants polyphasés, la valeur de W' étant alors maxima pour $m = 0$, on peut en conclure que les résistances additionnelles à insérer dans chacun des enroulements élémentaires de l'armature, afin de pourvoir suivant ma méthode au démarrage des moteurs à courant alternatif simple, ont une valeur égale à 0,414 de la valeur des résistances qu'il faudrait y insérer s'il s'agissait d'en effectuer le démarrage sous l'action du champ magnétique tournant.

» Et si maintenant l'on observe que les méthodes de démarrage employées jusqu'ici, qui sont indistinctement fondées sur la production d'un champ magnétique tournant, demandent encore, soit pour rejoindre la condition de $r = 2\pi n L$, soit pour obtenir une diminution de l'intensité du courant au démarrage, l'emploi de résistances additionnelles dans les circuits des enroulements élémentaires de l'armature, on comprend toute l'importance présentée par la nouvelle méthode, puisque, avec son application, on vient de supprimer soit l'enroulement subsidiaire sur l'inducteur, soit l'appareil à réactance, moyennant lequel on produit le décalage de phase entre les deux courants qui engendrent le champ tournant.

» Mais, permettez-moi, Messieurs, de vous assurer, en finissant, que le résultat le plus flatteur pour moi et qui me réjouit bien davantage, auquel m'a conduit l'étude que j'ai eu l'honneur de vous présenter, est celui de m'avoir offert aujourd'hui le bonheur incalculable d'avoir été bénignement écouté d'une si éminente Assemblée, ce dont je vous remercie du plus profond de mon cœur, tout en vous assurant que j'emporterai dans ma patrie et que je conserverai,

---

(1) Cette condition $r = 2\pi n L$ a été indiquée pour la première fois par MM. Hutin et Leblanc (*La Lumière électrique,* t. XL, p. 421).

en caractères indélébiles, le cher souvenir de l'exquise courtoisie avec laquelle vous avez bien voulu m'accueillir. »

M. Leblanc. — « Le journal *l'Éclairage électrique* publiait dernièrement l'intéressante étude que M. Riccardo Arno a bien voulu refaire devant nous. Dans le même article, on rappelait que Hutin et moi avions déjà travaillé la même question et étions parvenus à des résultats analogues.

» Pour éviter tout malentendu, je vous demande la permission de régler immédiatement la question de priorité ainsi soulevée.

» Dans un article publié en mai 1891, dans la *Lumière électrique*, nous avons donné la théorie du moteur asynchrone à courant monophasé et sommes arrivés à la formule qui donne l'expression du couple moteur en fonction de la vitesse. Nous avons également prévu l'adjonction de résistances variables aux circuits induits de ce moteur et avons recherché ce que devenait le couple lorsqu'on réalisait à chaque instant la condition $r = 2\pi n l$.

» M. Riccardo Arno s'est proposé de rechercher quelle valeur il convenait de donner à cette résistance r pour que, dans le cas où le lancé du moteur devrait être déterminé par une simple impulsion initiale, celle-ci pût être aussi petite que possible. C'était là un nouveau problème que nous n'avions pas abordé et nous voulons être les premiers à féliciter M. Riccardo Arno de l'avoir résolu. »

M. Désiré Korda. — « L'analyse que M. Arno a faite de l'expression générale du couple par rapport à la résistance de l'induit est très intéressante. Il arrive ainsi à déterminer la valeur la plus favorable de la résistance que l'on doit intercaler dans l'induit du moteur asynchrone au moment de la mise en mouvement. Toutefois, ce procédé ne permet pas le démarrage sans mise en mouvement antérieure par d'autres moyens. Il faut encore commencer à lancer le moteur à la main, à lui donner *le coup de pouce*. J'admets bien que, par le choix de la résistance initiale, on puisse réduire beaucoup l'effort à employer, mais encore on ne peut démarrer qu'à vide, ce qui, dans beaucoup de cas, ne suffit pas et, en tout cas, complique les manœuvres.

» Mais je voudrais envisager le problème d'un point de vue plus

général et résumer en quelques mots les efforts qui ont été faits jusqu'ici dans la voie de la solution. Nous verrons alors de combien le moyen préconisé par M. Arno ferait avancer cette solution.

» Tout d'abord une première question générale se pose : a-t-on besoin d'un moteur à courants alternatifs simples? Les réponses à cette question ne concordent pas toujours. A mon avis, pour une nouvelle installation, les courants polyphasés offrent une supériorité incontestable. On a la facilité des démarrages et du changement de marche, et la simplicité et la robustesse qui ne sont pas à dédaigner pour des moteurs exposés à des à-coups. On peut avoir un bon rendement et un coefficient de puissance très favorable. Enfin, avec le même poids de matières utilisées, on a des génératrices, des lignes et des moteurs plus puissants que dans le cas des courants alternatifs simples.

» Par contre, pour les installations existantes, il faut pouvoir utiliser les courants existants et, tant qu'on n'aura pas trouvé un moyen simple et économique pour transformer le courant alternatif ordinaire en courants polyphasés, le problème du moteur dont il s'agit reste une préoccupation très encourageante.

» De même pour la traction, l'emploi d'un moteur à courant alternatif, qui permettrait de n'employer qu'un seul fil avec retour par les rails, rendrait des services signalés.

» Le problème est donc très intéressant, mais malheureusement il est loin d'être résolu.

» En effet, passons rapidement en revue les tentatives qui ont été entreprises dans ce but.

» Le moteur le plus simple serait la roue de Faraday. Les transformateurs statiques permettraient de réduire le voltage autant que l'on voudrait près du moteur. Malheureusement, en dehors même de la sujétion que cause la nécessité de feuilleter le fer dans un tel moteur, il se présente l'inconvénient très grave des courants de Foucault induits par le champ alternatif dans les bagues qui réunissent les conducteurs de l'induit.

» L'inconvénient du feuilletage se fait également sentir dans les moteurs en série ou en dérivation disposés à la manière des dynamos analogues à courant continu. Ces moteurs, du reste, présentent, en même temps, bien d'autres défauts qui empêchent de les rendre

pratiques. En effet, le champ alternatif induit des courants dans les spires mises en court circuit par les balais; par conséquent, il n'existe aucune position pour laquelle l'étincelle ne se produirait pas au moment où la lame du collecteur quitte le balai. En outre, il est à peu près impossible d'avoir un facteur de puissance acceptable sans recourir à l'emploi de condensateurs, ce qui, à l'heure actuelle, ne peut pas encore être considéré comme une solution pratique. Toutefois, pour de très petites puissances, on rencontre souvent des moteurs en série, comme dans quelques types de compteurs de puissances, par exemple.

» Nous pouvons en dire autant des moteurs à écrans magnétiques, qui ne conviennent également que pour de toutes petites puissances, comme le moteur du compteur Blathy, celui de la lampe à arc Benischke, etc. Je tiens à signaler ici une tentative intéressante de M. Leblanc, qui consisterait à mettre en mouvement à la main un écran magnétique cylindrique intercalé entre l'inducteur et l'induit d'un moteur asynchrone à courant alternatif simple. L'écran continue sa rotation presque synchrone en vertu des courants de Foucault induits par le champ et aide au démarrage de l'induit du moteur. Toutefois cette solution n'est restée jusqu'ici qu'à l'état de projet.

» C'est à dessein que je passe sous silence les moteurs synchrones formés par l'inversion des génératrices à courant alternatif. La nécessité d'avoir une excitatrice ou commutatrice à courant continu leur donne une situation à part. Du reste, ils ne peuvent pas se mettre en marche tout seuls, pas plus que les moteurs asynchrones ordinaires.

» J'arrive enfin à ces derniers. Leur apparition a donné incontestablement une impulsion très sérieuse à la question des moteurs à courant alternatif simple. Parallèlement avec ceux à courant polyphasé, on a étudié soigneusement les choses qui se passent dans un tel moteur, et, par une analogie heureuse, amenée par l'application des théories de Fresnel sur la polarisation de la lumière, on est arrivé à l'idée de considérer le champ alternatif comme résultant de la superposition de deux champs tournant à vitesse égale, mais se déplaçant en sens inverse. Tant que ces deux composantes circulaires sont d'une symétrie complète, leurs efforts se neutralisent et le

moteur ne démarre pas. Il n'est alors qu'un transformateur statique. Son enroulement secondaire (l'induit) est en équilibre stable ou, comme on dit couramment, ses spires embrassent le nombre maximum de lignes de force et n'ont, par conséquent, aucune tendance à changer de place. Mais dès que, par un moyen ou par un autre, une dissymétrie peut être créée entre les deux champs, au profit de la vitesse ou valeur vectorielle de l'un des champs circulaires et au détriment de l'autre, immédiatement l'équilibre cesse et le moteur part tout seul, pourvu que l'effort résultant de la dissymétrie puisse vaincre les résistances mécaniques passives. Cette dissymétrie offre une certaine analogie avec le phénomène optique de la double réfraction. En effet, lorsqu'un rayon polarisé rectilignement, c'est-à-dire composé de deux rayons équivalents circulaires opposés, tombe normalement sur un cristal biréfringent parallèle à l'axe, il en sort polarisé elliptiquement, car la vibration incidente se décompose alors en deux composantes rectangulaires, qui ont acquis une différence de phase, et la résultante est une vibration elliptique.

» Les moyens pour obtenir la dissymétrie entre les deux champs circulaires sont divers. Le procédé le plus connu est de lancer le moteur mécaniquement, la vitesse de rotation imprimée à l'induit s'ajoute à celle de l'un des champs et se retranche de celle de l'autre. Elle provoque ainsi un effort de démarrage et détermine, en même temps, le sens de rotation. La valeur de l'effort de démarrage dépend de la puissance du moyen mécanique employé.

» De même, une dissymétrie peut être créée par un artifice produisant, au moyen d'un appareil inductif intercalé dans le circuit du moteur, une différence de phase dans les branches du courant de l'inducteur, ce qui équivaut à l'addition d'une rotation magnétique au champ primitif. Cet artifice bien connu n'a pas donné jusqu'ici un moyen de démarrage bien puissant.

» Je peux mentionner aussi le système préconisé par M. de Kando et qui consiste à provoquer la dissymétrie nécessaire du démarrage par la suppression de quelques spires dans des quadrants opposés du moteur. Cette méthode fut appliquée par la maison Ganz aux petits moteurs de ventilateurs, mais l'effort de démarrage ainsi obtenu ne doit pas être assez important pour permettre l'emploi du système à des moteurs plus puissants.

» Le procédé qui, dans cette voie, a obtenu jusqu'ici les résultats les plus remarquables est celui de M. Heyland. Cet ingénieur a eu l'idée de provoquer la dissymétrie en question par la réaction même de l'induit, ce qui rend sa méthode un peu analogue à celle de M. de Kando. Mais la réalisation du but dans la solution de M. Heyland est plus heureuse. L'inducteur est composé de deux sortes d'enroulement, en parallèle, l'une en spires nombreuses logées dans des trous finement divisés, et l'autre à peu de spires logées dans quelques grands trous symétriquement disposés sur la circonférence de l'inducteur entre les autres trous. La réaction de l'induit se fait différemment sentir sur les deux enroulements ainsi constitués et produit le décalage nécessaire entre leurs courants au moment du démarrage. Une fois l'induit mis en route, on réunit en série, au moyen d'un commutateur, les deux enroulements en question.

» L'effet obtenu par M. Heyland avec un moteur de 4 chevaux est remarquable, car ce moteur, dont l'induit était muni d'un rhéostat de démarrage, pouvait démarrer avec un effort dépassant deux fois et demie celui du régime. Malheureusement, le rendement du moteur ne fut trouvé qu'à 74 pour 100 et son facteur de puissance n'était que 0,77. Enfin le courant de démarrage avait une valeur double du courant de régime. Or, dans des moteurs polyphasés bien construits, on peut obtenir pour la même puissance facilement un rendement de 85 pour 100 et un coefficient de décalage de 0,85 et même plus, et, en outre, si l'on prévoit, ainsi que M. Heyland l'a fait, un rhéostat de démarrage dans l'induit, le courant de démarrage ne dépasse pas celui du régime normal.

» Pour finir, je pourrais encore mentionner les moteurs asynchrones dans lesquels la rotation du champ est produite au moyen de collecteur, comme les moteurs Déry, Arnold, etc., mais je trouve que j'ai déjà abusé de votre patience.

» Je me contente donc de faire le résumé en insistant sur le point que le procédé exposé par M. Arno, et que je viens de comparer aux autres méthodes connues, tout en étant d'un intérêt incontestable, ne permet qu'un démarrage à vide et cela aussi non automatiquement, mais en faisant intervenir un moyen accessoire de mise en marche. »

M. Riccardo Arnò. — « Je remercie M. Maurice Leblanc pour l'extrême amabilité avec laquelle il a bien voulu déclarer lui être absolument inconnu jusqu'ici le phénomène que je viens d'observer et qui est dû à l'effet de la valeur critique de la résistance des enroulements élémentaires de l'armature du moteur asynchrone à courant alternatif simple.

» M. André Blondel, qui malheureusement n'a pas pu se présenter à la séance pour des motifs de santé, a bien voulu m'autoriser, avec la plus exquise courtoisie, à déclarer que, dans l'article de l'*Éclairage électrique*, t. V, p. 540, du 21 décembre 1895 : *Du rôle des fluides magnétiques dans les moteurs à champ tournant*, il n'y est dit aucune chose qui fasse allusion au système préconisé par moi, système que M. Blondel trouve, au contraire, très intéressant et absolument nouveau.

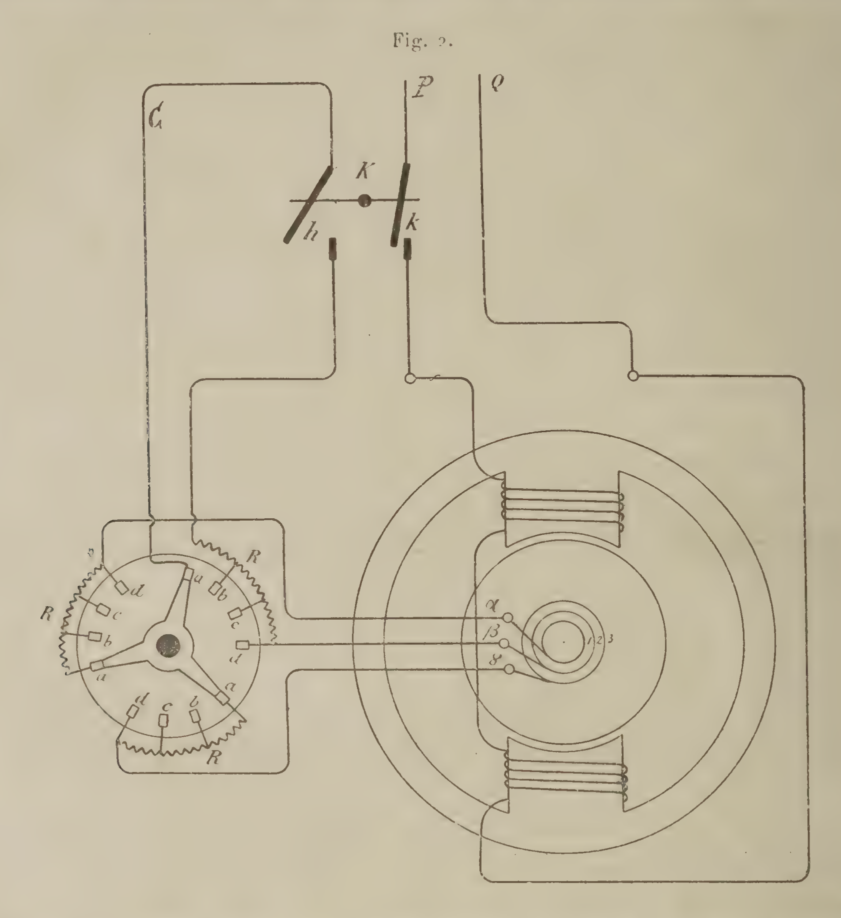
» Répondant aux observations faites par M. Désiré Korda, j'ai, avant tout, l'honneur de présenter à l'Assemblée une modification à ma méthode, dont l'étude est sur le point d'être terminée, avec laquelle on pourvoit à la légère impulsion initiale à la partie mobile du moteur, moyennant la production, dans le premier instant de la fermeture du circuit dans lequel on insère le moteur, d'une dissymétrie électrique dans l'enroulement de l'armature, et ceci à la seule condition, qu'il est toujours possible de satisfaire, que ladite partie ne se trouve pas, au commencement, dans une position correspondant à un *point mort*.

» Un moyen d'obtenir une telle dissymétrie électrique dans le premier instant de l'insertion du moteur en circuit, consiste à tenir ouvert pendant cet instant et fermer tout de suite le circuit d'un des enroulements de l'armature.

» Supposons que le moteur soit bipolaire avec armature à enroulement triphasé, dont l'une des trois bobines soit maintenue ouverte, moyennant l'interrupteur h, pendant le premier instant dans lequel, en agissant sur l'interrupteur k, on insère le moteur en circuit. La disposition des diverses parties peut être telle, comme il est indiqué dans la *fig.* 2, que, en agissant sur le commutateur K, on vient d'abord à fermer le circuit PQ du moteur et, après un très court intervalle de temps, le circuit C de l'enroulement d'armature, que l'on avait laissé ouvert. Conséquemment, il en résulte que, dans

l'instant où l'on agit sur k, se produit, par le fait que le circuit d'un des enroulements de l'armature est ouvert et en vertu du principe des répulsions électrodynamiques d'Elihu Thomson, une légère impulsion; après quoi en venant agir sur h, et conséquemment le cir-

Fig. 2.



cuit de l'enroulement dont il est question restant fermé, le moteur démarre, selon ma méthode, par l'effet de la résistance critique, obtenue moyennant l'insertion d'une résistance déterminée additionnelle R dans chacun des circuits des enroulements élémentaires de l'armature.

» Enfin, quant à l'intensité du courant nécessitée par l'application de mon système de démarrage, voici les résultats des expériences exécutées sur un moteur de Brown de la puissance de 25 chevaux. Tandis qu'avec l'ancienne méthode l'intensité du courant, au démarrage, était de 250 ampères, avec la nouvelle méthode, ladite

intensité n'était plus que de 110 ampères, presque la valeur de l'intensité du courant de régime. » (*Applaudissements.*)

M. le Président adresse de vifs remercîments à M. Arno pour sa très intéressante Communication.

M. Korda se félicite d'avoir provoqué, par ses observations, le complément de Communication donné par M. Arno, et dans lequel se trouve l'indication, pour obtenir le démarrage des moteurs, d'un moyen *non mécanique* qui lui paraît extrêmement intéressant.

PROPRIÉTÉS NOUVELLES DES ACIERS AU NICKEL.

M. Ch.-Ed. Guillaume présente les résultats des recherches qu'il a effectuées, au Bureau international des Poids et Mesures, sur une série d'aciers au nickel, préparés, sur ses indications, dans les aciéries d'Imphy, appartenant à la Société de Commentry-Fourchambault. Quelques-uns de ces aciers présentent des particularités remarquables et qu'on ne connaissait jusqu'ici pour aucun métal ni alliage; par exemple, entre 30 et 40 pour 100 de nickel, ces alliages se dilatent moins que tous les métaux étudiés jusqu'ici. Le minimum de la dilatation se présente vers 36 pour 100 de nickel; un acier de cette composition se dilate dix fois moins que le platine, treize fois moins que l'acier, vingt fois moins que le laiton. Cet alliage sera très précieux pour la construction des pendules compensés, des appareils de mesure, etc. M. Guillaume rend visibles, au moyen d'un appareil nouveau, les dilatations très diverses de quelques-uns des alliages qu'il a étudiés et qui entreront prochainement dans l'industrie.

Les mêmes alliages présentent aussi, au point de vue du magnétisme, des propriétés curieuses qui pourront les faire rechercher pour divers appareils, tels que coupe-circuits, avertisseurs d'incendie, etc.

M. le Président remercie vivement M. Guillaume et le félicite pour le remarquable travail qu'il vient d'exposer.

La séance est levée à $10^h 25^m$ soir.

---

(1) M. Guillaume n'a pu nous remettre en temps utile le texte de sa Communication, qui sera insérée *in extenso* dans un prochain *Bulletin*.

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

MÉMOIRES ORIGINAUX.

Amérique.

Electrical Engineer.

28/10. — Préparation du minerai de fer à la mine d'Édison (New Jersey). — L'électricité sur les chemins de fer suburbains; *S. Short.* — Usage des courants polyphasés pour les tramways; *M. Hoopes.* — Application des accumulateurs à la traction; *C. Hewett.*

4/11. — Essais de l'éclairage de la bibliothèque du Congrès; *E. Hutchinson.* — Construction électrique en Europe; *G. Zahn.* — Développement du telphérage électrique; *R. Lamb.* — Usage des courants polyphasés pour les tramways; *M. Hoopes.*

11/11. — Force contre-électromotrice de l'arc; *R. Bonham* et *H. Almert.* — Essais des moteurs d'induction; *W. Morrison.*

18/11. — Essais... (*suite*); *W. Morrison.* — Doit-on souder ou non? *A. Dobbs* et *C. North.*

Electrical World.

6/11. — Étude sur quelques isolants; *F. Phisterer.* — Observations sur la résistance des huiles à la décharge; *E. Northrup* et *G. Pierce.*

13/11. — Avantages de la distribution électrique à bord des navires; *O. Dodge.* — Mesures de conductibilité; *E. Willyoung* et *H. Harth.* — Étude (*suite*); *F. Phisterer.* — Récepteur pour ondes hertziennes; *C. Steinmetz.*

20/11. — Résistance des huiles à la décharge; *C. Steinmetz.* — Étude (*suite*); *F. Phisterer.* — Génératrices de 1500 kilowatts à Allegheny; *P. Thomas.*

27/11. — Traceur de courbes; *E. Rosa.* — Théorie des moteurs à courant continu; *W. Baxter.* — Pont à lecture directe; *H. Sayen* et *E. Willyoung.*

Allemagne.

Elektrotechnische Zeitschrift.

11/11. — Tramways électriques de Bruxelles. — Points remarquables des réseaux téléphoniques étrangers; *J. West.* — Sur une pile à gaz carbonés; *Borchers.*

18/11. — Transformateur de phase Ferraris-Arnô; *L. Lombardi.* — Connexions pour lignes téléphoniques communes; *J. West.*

25/11. — Mesures photométriques de lampe à courant alternatif; *W. Wedding.* — Nouvelle station centrale de tramways de New-York.

2/12. — Résistances de démarrage et d'inversion pour moteurs en dérivation; *C. Menges.* — Transformateur de phase... (*fin*); *L. Lombardi.* — Rendement des translateurs; *A. Reding.*

Angleterre.

The Electrician.

12/11. — Phénomènes électromagnétiques déterminés par le fer dans le champ de conducteurs; *J. Russell.* — Lampe à arc enfermé Davy. — Progrès de l'Électrochimie; *B. Blount.* — Propriétés ferro-magnétiques du fer et de l'acier; *J. Fleming.* — Récepteur en charbon pour ondulations hertziennes; *F. Jervis-Smith.* — Histoire du coherer; *O. Lodge.* — Ondes longitudinales électriques; *O. Heaviside.*

19/11. — Le zérographe. — Traction par accumulateurs; *L. Epstein.* — Grues et ascenseurs électriques; *H. Ravenshaw.* — Accumulateurs; *J. Wade.* — Traceur de courbes; *E. Rosa.*

26/11. — Détermination de l'ohm par le procédé de Lorenz; *W. Ayrton* et *Viriamu Jones.* — Grues et ascenseurs électriques; *H. Ravenshaw.* — Méthode d'essai pour les ingénieurs télégraphistes; *J. Young.*

3/12. — Accumulateurs (*suite*); *J. Wade.* — Distribution de l'énergie électrique; *C. Wordingham.*

Electrical Review.

12/11. — Progrès de l'éclairage à incandescence dans les vingt-cinq dernières années; *J. Swan.* — Id. des machines dynamo-électriques; *W. Esson.* — Id. de la Télégraphie militaire; *R. von Fischer Treuenfeld.* — Id. des accumulateurs; *J. Epstein.* — Id. des instruments de mesure; *J. Price.* — Id. de l'Électrochimie; *E. Andreoli.* — Id. de la machine à vapeur; *J. Raworth.* — Id. de l'Électrothérapeutique; *W. Hedley.* — Id. de la construction des chaudières; *W. Booth.* — Transformateurs; *J. Swinburne.* — Id. des applications aux chemins de fer; *W. Langdon.* — Id. de la transmission de l'énergie. *R. Kennedy.* — Id. de l'éclairage par arc; *R. Crompton.* — Id. des mesures absolues; *A. Gray.* — Id. de la Téléphonie; *J. Kingsbury.* — Id. de la télégraphie sous-marine; *C. Bright.* — Id. de la Physique expérimentale; *R. Appleyard.* — Id. de la traction électrique; *P. Dawson.* — Id. de la Télégraphie; *W. Preece.* — Id. du Magnétisme; *A. Jamieson.* — Id. des stations centrales; *R. Hammond.* — Id. des piles primaires; *T. Gatehouse.*

19/11. — Traceur de courbes électriques; *E. Rosa.* — Développement du telphérage électrique; *R. Lamb.* — Notes sur les dépôts électrochimiques de zinc; *S. Cowper-Coles.* — Particularités mécaniques de la traction électrique; *P. Dawson.*

26/11. — Électricité musculaire; *J. Wright.* — Les courants terrestres au point de vüe astronomique; *A. Cotterell.* — Simple méthode de démarrage pour moteurs asynchrones à courants alternatifs. — Particularités (*suite*); *P. Dawson.*

3/12. — Particularités (*fin*); *P. Dawson.* — Réglage des alternateurs polyphasés à charge variable; *A. Gibson.*

Autriche.

Zeitschrift für Elektrotechnik.

1/12. — Locomotive de l'Allgemeine Gesellschaft de Berlin.

PÉRIODIQUES ÉTRANGERS.

CLASSIFICATION DES MÉMOIRES ORIGINAUX

signalés dans le *Bulletin*.

Ordre de la classification.

I. — Lois physiques et phénomènes généraux.
II. — Unités. Méthodes et appareils de mesure.
III. — Accumulateurs. Piles. Électrochimie. Électrométallurgie.
IV. — Matériel électrique pour courants continus.
V. — Matériel électrique pour courants alternatifs.
VI. — Canalisation. Appareillage.
VII. — Stations centrales. Installations diverses. Systèmes de distribution.
VIII. — Transmission de l'énergie. Traction.
IX. — Éclairage et chauffage.
X. — Machines. Applications électro-mécaniques.
XI. — Télégraphie. Téléphonie. Signaux.
XII. — Divers. Historique. Jurisprudence, etc.

Abréviations.

EZ. Elektrotechnische Zeitschrift.
*e*E. English Electrician.
*e*ER. English Electrical Review.
ZE. Zeitschrift für Elektrotechnik.
*a*EE. American Electrical Engineer.
*a*ER. American Electrical Review.
*a*EW. American Electrical World.
IEE. Journal of the Institution of Electrical Engineers.
EMJ. Engineering and Mining Journal.
FI. Journal of the Franklin Institute.
*a*I. Transactions of the American Institute of Electrical Engineers.
UW. Bulletin of the University of Wisconsin.
SA. Journal of the Society of Arts.

I. — Lois physiques et phénomènes généraux.

Déformation des courbes de courant par self-induction non symétrique; *H. Eissler* et *M. Reithoffer,* EZ, 10/12.

Réglage des tubes Röntgen; *B. Walter,* EZ, 7/1.

Représentations mécaniques des phénomènes électriques et recherches sur la résonance; *C. Heinke,* EZ, 4/2.

Perfectionnements aux tubes de Röntgen, *A. Berliner,* EZ, 11/2.

Échanges électriques entre la vapeur électrisée et l'air; *Lord Kelvin, M. Maclean* et *A. Galt,* eE, 20/11.

Théorie électromagnétique; *O. Heaviside,* eE, 27/11, 18/12, 15/1, 26/2, 9/4, 21/5, 18/6, 6/8.

Perméabilité magnétique de l'air et l'oxygène liquides; *A. Fleming* et *J. Dewar,* eE, 11/12.

Déviation des rayons cathodiques dans un champ magnétique; *A. Fleming,* eE, 1/1.

Influence de la pression du gaz ambiant sur la température du cratère; *E. Wilson* et *G. Fitz-Gérald,* eE, 8/1.

Appareils pour rayons Röntgen; eER, 20/11.

Théorie mécanique de l'Électricité et de l'action chimique; *A. Withwell,* eER, 8/1, 15/1, 22/1.

Déviation des rayons cathodiques; *J. Barr* et *C. Philipps,* eER, 12/2; eE, 12/2, 19/2.

Interrupteur pour rayons Röntgen; *W. Stine,* aEE, 12/11.

Étude du spectre de la lumière réfléchie; *W. Bichmore,* aEE, 12/11, 2/12.

Ruptures mystérieuses des isolants; *E. Thomson,* aEE, 12/11.

Observations sur les rayons Röntgen; *E.-A. Edison,* aEE, 18/11.

Notes sur les rayons Röntgen; *E. Thomson,* aEE, 18/11.

Les rayons Röntgen agissent fortement sur les tissus; *E. Thomson,* aEE, 25/11.

Mouvements curieux dans un tube de Crookes; *W. Peckhand,* aEE, 23/12.

Sur les rayons Röntgen; *N. Tesla,* aER, 2/12.

Résonance et consonance électriques; *C. Feldmann,* EZ, 18/2, 25/2.

Sur les tentatives en vue d'obtenir l'énergie électrique par combustion; *C. Weber,* EZ, 25/2.

La dernière découverte en Physique; *O. Lodge,* eE, 26/2.

Résidus et oscillations dans divers condensateurs; *T. Wulf,* ZE, 1/3, 15/3, 1/4, 15/4, 1/5.

Rayons X; *G. Frei,* aEE, 3/2.

Détermination du degré de vide par la décharge; *C. Marsh,* aEW, 28/11.

Rayons Becquerel; *Mackissick,* aEW, 28/11.

Nouveaux phénomènes produits par les rayons Röntgen; *C. Léonard,* aEW, 5/12.

Distribution et diffusion de la lumière; *J. Elliott,* aEW, 53/1; aEE, 3/3.

Notes sur la découverte de Lehmann; *O. Lodge,* eE, 12/3.

Résistivité du bismuth à basse température et dans un champ magnétique; *J. Dewar* et *J. Fleming,* eE, 12/3.

Effet de la lumière ultra-violette sur le chlore et l'hydrogène; *J. Wild* et *J. Harker,* eE, 19/3.

Expériences sur les rayons cathodiques; *A. Swinton,* eER, 19/3.

Propriétés de quelques diélectriques; *G. Hantchett,* aEW, 6/2.

Rayons X; interrupteur automatique perfectionné; *H. Sayen* et *E. Willyoung*, FJ, mars.

L'air est-il rendu conducteur par les rayons Röntgen; *G. Minchin*, *e*E, 9/4.

Influence des champs alternatifs sur les rayons cathodiques; *J. Fleming*, *e*E, 23/4.

Expériences sur les rayons cathodiques; *A. Swinton*, *e*E, 23/4.

Usage des tubes pour rayons Röntgen; *T. Hantchett*, *a*EW, 20/3.

Quelques résultats pratiques de la résonance électrique; *K. Miller*, *a*ER, 24/3.

Expériences du professeur *Trowbridge* sur les rayons X; *a*ER, 24/3.

Influence de la chaleur sur les propriétés magnétiques de l'acier trempé; *K. Guthe*, *a*ER, 31/3.

Rayons cathodiques et rayons Lenard; *J. Maclelland*, *e*E, 14/5.

Dissociation des atomes; *G. Fitz-Gérald*, *e*E, 21/5.

Rayons cathodiques; *J. J. Thomson*, *e*E, 21/5.

Arcs sifflants; exemple d'induction électrostatique; *Forie-Bain*, *e*ER, 16/4.

Production de rayons X de pénétration variable; *E. Swinton*, *e*ER, 23/4.

Action électrique du charbon dans les flammes; *R. Fuge*, *e*ER, 7/5.

Tubes ajustables pour rayons X; *A. Swinton*, *a*EW, 8/5.

Deux coups de foudre remarquables; *R. Siemsen*, EZ, 3/6.

Note sur l'influence d'un champ magnétique sur la période des radiations; *O. Lodge*, *e*E, 18/6.

Influence de la température et du temps sur la capacité des diélectriques; *J. Hopkinson* et *E. Wilson*, *e*ER, 4/6, 11/6, 18/6, 25/6.

Action des solénoïdes sur leurs noyaux; *W. Chapmann*, *a*EE, 30/6.

Nouvelle expérience électro-capillaire; *J. Harris*, *a*EE, 22/7.

Dernière forme du tube à vide; *Moore*, *a*EE, 29/7.

Expériences sur les rayons Röntgen; *T. Porter*, *a*EE, 16/9.

Spectre de l'arc; *A. Foley*, *a*EE, 16/9.

Théorie physique de l'Électricité et du Magnétisme; *T. Hall*, *a*EW, 3/7.

Usage possible de l'air liquéfié en Électricité; *E. Thomson*, *a*EW, 24/7.

Production directe du courant par le charbon; *J. Hellweg*, *a*EW, 24/7.

Note sur la stabilité du synchronisme; *W. Franklin*, *a*EW, 4/9.

L'air liquide comme isolant; *J. Fleming* et *E. Thomson*, *a*EW, 17/9.

Expériences sur les tubes de Crokes; *A. Dell*, *a*EW, 2/10.

Phénomène de rotation à grande vitesse; *J. Mullroy*, *a*EW, 15/10.

Application du calcul hyperbolique à la décharge d'un condensateur; *S. Macfarlane*, *a*J, mai 1897.

Effet de la chaleur sur les isolants; *A. Bates* et *C. Barnes*, *a*J, mai 1897.

Coup de foudre sur les conduites d'eau d'Erfurt; EZ, 5/8.

Calcul de l'attraction électromagnétique; *M. Vogelsang*, EZ, 16/8.

Imitation mécanique des principaux phénomènes électriques; *J.-F. Weyde*, EZ, 26/8, 2/9.

Sur le mode d'action des parafoudres discontinus et la protection collective; *K. Koch*, EZ, 14/10.

Théorie mécanique de l'électrolyse d'après la théorie de Maxwell; *J. Weyde*, EZ, 4/11.

Nouvelle action du magnétisme sur la lumière; *Kalischer*, EZ, 4/11.

Hypothèses sur la production des rayons Röntgen, *e*E, 3/7.

Électrisation de l'air, de la vapeur et d'autres gaz; *Lord Kelvin, M. Maclean* et *A. Galt*, eE, 16/7.

Rapport entre les dimensions du cratère et les constantes de l'arc pour charbons à mèche; Mrs *Ayrton*, eE, 27/8.

Pertes dans les transformateurs et les harmoniques supérieures; *W. Burnie*,, eE, 27/8.

Constitution de l'étincelle; *A. Schuster*, eE, 27/8.

Notes sur l'arc électrique; *J. Hesketh*, eE, 24/9.

Sur les propriétés magnétiques du fer et de l'acier; *J. Fleming*, eE, 22/10, 29/10, 5/11.

Diffusion des rayons Röntgen, eER, 2/7.

Induction dans des noyaux courts; *H. Eurich*, eER, 6/8.

La Terre, un grand aimant; *J. Fleming*, eER, 13/8, 20/8.

Électricité musculaire; *J. Wright*, eER, 18/10, 22/10, 5/11.

Les courants terrestres au point de vue astronomique; *A. Cotterel*, aER, 22/10, 5/11.

Théorie de la bobine d'induction; eER, 5/11.

L'électricité obtenue directement du charbon; *E. de Fodor*, ZE, 1/9.

Considérations sur les forces moléculaires; *W. Wolfrum*, ZE, 15/9.

Sur l'attraction électromagnétique, *M. Reithoffer*, ZE, 15/10.

Force contre-électromotrice de l'arc; *R. Bonham* et *H. Almert*, aEE, 11/11.

Récepteur pour ondes hertziennes; *C. Steinmetz*, aEW, 13/11.

Phénomènes électromagnétiques déterminés par le fer dans le champ de conducteurs; *J. Russell*, eE, 12/11.

Propriétés ferromagnétiques du fer et de l'acier; *J. Fleming*, eE, 12/11.

Récepteurs en charbons pour ondulations hertziennes; *F. Jervis-Smith*, eE, 12/11.

Ondes longitudinales électriques; *O. Heaviside*, eE, 12/11.

Progrès de la Physique expérimentale; *R. Appleyard*, eER, 12/11.

Progrès du Magnétisme; *A. Jamieson*, eER, 12/11.

Les courants terrestres au point de vue astronomique; *A. Cotterel*, eER, 26/11.

II. — Unités, méthodes et appareils de mesures.

Schémas de protections pour magnétomètres; *H. du Bois*, EZ, 31/12.

Mesure des câbles de Munich; *O. Uppenborn*, EZ, 21/1.

Méthode graphique de calcul de la force électromotrice effective; *L. Fleischmann*, EZ, 21/1.

Mesure de la fréquence des courants alternatifs, EZ, 28/1.

Progrès récents dans les essais magnétiques; *Ewing*, eE, 20/11.

Le potentiomètre de Crompton; *W. Fischer*, eE, 27/11 (fin).

Mesure des températures (par les variations de résistance); *G. Clark*, eE, 4/12, 18/12, 25/12, 15/1.

Coefficient de température de l'étalon *Hibbert;* eE, 4/12.

Perméabilité magnétique de l'air et de l'oxygène liquides; *A. Flemming* et *J. Dewar*, eE, 11/12.

Variation du Latimer Clark avec la température; *E. Ayrton* et *R. Cooper*, E, 1/1.

Essais d'installations; *V. Zingler*, ER, 11/12.

Localisation des défauts des câbles sous-marins; *H. Cann* et *R. Jones*, 18/12, 1/1.

Essais des installations; *V. Zingler*, eER, 18/12.

Nouvelle méthode de lecture des déviations galvanométriques; *C. Rice*, eER, 18/12.

Validité de l'usage des sinusoïdes dans les questions de courants alternatifs; *G. Rhodes*, *e*ER, 25/12.

Appareil pour la mesure de la fréquence; *G. Meyer*, ZE, 15/1.

Essais des isolateurs; *N. Hopkins*, *a*EE, 12/11.

De l'isolement; *W. Stine*, *a*EE, 25/11.

Dynagraphe de *Bowen*, *a*EE, 13/1.

Question des unités photométriques; *L. Weber*, EZ, 18/2.

Indicateur de terre statique; *Kelly*, *a*EE, 17/2.

Calibration d'un fil de pont; *W. Stine*, *a*EW, 7/11.

Condensateur ajustable pour hautes tensions; *L. Blake*, *a*EW, 7/11.

Piles étalons; *S. Carhart*, *a*EW, 14/11.

Mesures d'isolement dans les réseaux à plus de deux fils; *R. Skutsch*, EZ, 11/3.

Résistivité du bismuth à basse température et dans un champ magnétique; *J. Dewar* et *J. Fleming*, *e*E, 12/3.

Classification des galvanomètres, *e*E, 26/3.

Recherches sur les propriétés magnétiques des fers et aciers autrichiens; *E. Egger*, ZE, 15/3, 1/4, 15/4.

Méthode rationnelle d'essai des fils fusibles; *Perrine*, *a*EW, 30/1.

Nouvelle détermination de la conductibilité de l'aluminium; *J. Richards* et *J. Thomson*, FI, mars.

Nouvelle méthode de mesure du coefficient de température; *M. Töwe*, EZ, 15/4.

Relevé des courbes; *T. Marcher*, EZ, 15/4.

Mesure des températures; *G. Clark*, *e*E, 2/4.

Mesure de l'isolement dans un système à trois fils en charge; *E. Houston* et *J. Kenelly*, *a*EW, 6/3.

Mesure sans instruments de la résistance d'une bobine d'électro; *F. Porter*, *a*EW, 13/3, 17/4.

Essais des câbles; *G. Hale*, *a*ER, 7/4.

Sur les propriétés magnétiques d'aciers de fabrication récente et le coefficient de Steinmetz; *A. Ebeling* et *E. Schmidt*, EZ, 13/5.

Essais des câbles télégraphiques; *E. Young*, *e*E, 14/5.

Méthode de Sullivan pour la recherche de la position des extrémités des câbles dans une cuve; *A. Taylor*, *e*E, 14/5.

Correction de température pour la résistance des diélectriques; *R. Appleyard*, *a*ER, 28/5.

Rapport du Comité pour l'étalonnage des lampes à incandescence; *L. Bell*, *a*EE, 16/6.

Note préliminaire sur un compteur enregistreur; *J. Hering*, *a*EW, 15/5.

Compensateur pour mesures d'intensité et de tension; *R. Franke*, EZ, 3/6.

Compteur perfectionné; *H. Aron*, EZ, 1/7.

Mesure de l'intensité des courants alternatifs et du décalage; *Lord Rayleigh*, *e*E, 4/6.

Aimantation des aiguilles pour galvanomètres astatiques; *W. Pretty*, *e*E, 11/6.

Influence de la température et du temps sur la capacité des diélectriques; *J. Hopkinson* et *E. Wilson*, *e*ER, 4/6, 11/6, 18/6, 25/6.

Potentiomètre à lecture directe d'*Elliott*, *e*ER, 11/6.

Spectrophotométrie des lampes à incandescence; *W. Turnbull*, *a*EE, 7/7; *a*EW, 10/7.

Essais d'interrupteurs magnétiques automatiques; *C. Clark* et *C. Mac Mullen*, *a*EE, 15/7, 22/7.

Action électrolytique et résistance des conducteurs industriels; *R. Guthe*, *a*EE, 16/9.
Essais d'isolement et de résistance des tramways; *V. Porter*, *a*EW, 17/7.
Essais d'une installation de mine: *T. Philipps* et *J. Swain*, *a*EW, 24/7.
Les compteurs actuels; *R. Schuchardt*, *a*EW, 31/7.
Essais sur les variations des constantes des compteurs avec la température et le débit; *G. Ricks*, *a*EW, 28/8, 11/9, 23/9.
Nouveau procédé de mesure de l'hystérésis; *J. Gill*, *a*EW, 4/9.
Compteur Thomson; *W. Ayrton*, *a*EW, 11/9.
Limite d'aimantation des aimants permanents; *E. Andreas*, EZ, 12/8, 19/8.
Électromètre à quadrants de grande sensibilité; *F. Dolezaleck*, EZ, 19/8.
Tracé des courbes suivant la méthode de Joubert; *F. Eichberg*, EZ, 9/9.
Théorie et emploi du phasomètre; *J. Teichmuller*, EZ, 16/9, 23/9, 7/10, 21/10, 28/10.
Influence des temps et de la température sur la capacité et le résidu des condensateurs; *J. Hopkinson* et *E. Wilson*, EZ, 23/9.
Sensibilité du téléphone et son emploi dans les mesures; *R. Franke*, EZ, 30/9, 7/10.
Notice sur la construction de l'élément étalon au cadmium; *W. Jeacer*, EZ, 21/10.
Nouveau dispositif de la méthode de Joubert pour l'étude des courants alternatifs; *W. Kübler*, EZ, 21/10.
Circuits pour annoncer automatiquement la remise en état des fils télégraphiques et faciliter la localisation des défauts; *Dehins*, EZ, 28/10.
Essais des fils télégraphiques; *J. Young*, *e*E, 2/7, 16/7, 6/8, 20/8, 3/9, 24/9, 8/10, 29/10.
Mesure de l'inductance par le secohm-mètre; *H. Allen*, *e*E, 16/7.
Compteurs électriques; *J. Wilmhurst*, *e*E, 23/7.
Localisation des fautes sur les réseaux souterrains; *R. Ouin*, *e*E, 30/7.
Variation du coefficient de torsion du fer dans les champs intenses; *H. Day*, *e*E, 6/8.
Oscillographes; *W. Duddell*, *e*E, 3/9.
Modification de la forme d'élément étalon Clark du Board of Trade: *H. Callender* et *H. Barnr*, *e*E, 10/9.
Constantes diélectriques à la température de liquéfaction de l'air, *e*E, 10/9.
Éléments étalons; *C. Fisher*, *e*E, 24/9.
Nouvelle méthode pour localiser les ruptures des câbles sous-marins; *C. Schaefer*, *e*E, 15/10.
Sur les propriétés magnétiques du fer et de l'acier; *J. Fleming*, *e*E, 22/10, 29/10, 5/11.
Perfectionnements dans la localisation des défauts des câbles; *G. Schaefer*, *e*E, 29/10.
Permanence des bobines de résistance; *W. Ayrton*, *e*E, 5/11.
Localisation des défauts; *R. Quin*, *e*R, 30/7.
Potentiomètre à grande échelle; *L. Fry*, *e*ER, 20/8.
Méthode pour la mesure du coefficient de self-induction d'un conducteur; *L. Fry*, *e*ER, 24/9.
Une méthode oubliée d'essais des câbles; *A. Tobler*, *e*ER, 8/10.
Recherches sur la balance magnétique de du Bois, ZE, 15/7.
Détermination du synchronisme des alternateurs par le téléphone; *G. Meyer*, ZE, 15/8.
Mesure de la fréquence; *G. Meyer*, ZE, 15/9.
Essais des moteurs d'induction; *W. Morrison*, *a*EE, 11/11, 18/11.

Observations sur la résistance des huiles à la décharge; *E. Northrup* et *G. Pierce*, *a*EW, 6/11.
Mesure de conductibilité; *E. Willyoung* et *H. Harth*, *a*EW, 13/11.
Résistance des huiles à la décharge; *C. Steinmetz*, *a*EW, 20/11.
Traceur de courbes; *E. Rosa*, *a*EW, 27/11.
Pont à lecture directe; *H. Sayen* et *E. Willyoung*, *a*NW, 27/11.
Mesures photométriques de lampe à courant alternatif; *W. Wedding*, EZ, 25/11.
Traceur de courbes; *F. Rosa*, *e*E, 19/11.
Détermination de l'ohm par le procédé de Lorenz; *W. Ayrton* et *Viriame Jones*, *e*E, 26/11.
Progrès des instruments de mesure; *J. Price*, *e*ER, 12/11.
Progrès des mesures absolues; *A. Gray*, *e*ER, 12/11q.
Traceur de courbes électriques; *E. Rosa*, *e*ER, 19/11.

III. — Accumulateurs, piles. Électrochimie. Électrométallurgie.

Emploi de l'Électricité dans la Métallurgie et les Arts chimiques; *C. Keershaw*, *e*E, 25/12, 8/1, 29/1.
Emploi du courant pour fusion au creuset; *H. Leeds*, *e*E, 22/1.
Raffinerie de cuivre d'Anaconda; *e*ER, 25/12.
L'Électricité dans les Arts chimiques et la Métallurgie; *J. Keershaw*, *e*ER, 12/2; *e*E, 12/2, 19/2, 5/3, 19/3.
Procédé Kellner pour production d'alcalis et de décolorants; ZE, 15/12.
Emploi de l'électrolyse pour le blanchiment et la fabrication des alcalis, procédé Kellner; ZE.
Sur les tentatives en vue d'obtenir l'énergie électrique par combustion; *C. Weber*, EZ, 25/2.
Fusion de l'aluminium par l'électricité; *a*EE, 3/2.
L'Électricité dans les mines d'or; *H. Chance*, *a*EW, 19/12.
Révolution dans la fabrication du cuivre; *H. Brown*, *e*ER, 19/3.
Ateliers Bolton and Sons (tréfilerie et cuivre électrolytique); *e*ER, 19/3.
Détails sur les fours à carborundum; *a*EE, 24/2.
Essai d'un accumulateur Gülcher; *W. Peukert*, EZ, 18/3.
Pratique des accumulateurs; *J. Appleton*, *a*EE, 24/3, 7/4, 14/4, 21/4, 28/4, 5/5, 12/5, 19/5, 26/5, 2/6, 9/6, 23/6, 30/6, 7/7, 15/7, 22/7.
Concentration des minerais par le magnétisme; FJ, avril 1897.
Relation entre la capacité et le débit des accumulateurs; *W. Peukert*, EZ, 20/5.
Les accumulateurs à charge rapide; *L. Epstein*, *e*ER, 16/4.
Nouveau procédé de fabrication de l'aluminium; *Kershaw*, *e*E, 11/6.
Emploi des accumulateurs pour compenser les variations de tension; *G. Illner*, ZE, 1/6.
Fours électriques; *F. Patten*, *a*EE, 12/8, 19/8, 26/8.
Emploi des accumulateurs dans les stations de tramways; *L. Schrœder*, *a*EE, 26/8.
Application des accumulateurs à la traction; *C. Hervitt*, *a*EE, 21/10.
Production directe du courant par le charbon; *J. Hellweg*, *a*EW, 24/7.
Théorie mécanique de l'électrolyse d'après la théorie de Maxwell; *J. Weyde*, EZ, 4/11.
Industrie métallurgique aux États-Unis; *e*E, 9/7.
Succédanés du caoutchouc; *H. Terry*, *e*E, 6/8.

Accumulateur; *E. Wade,* eE, 24/9, 15/10, 19/11, 3/12.
Note sur la fabrication électrolytique de la soude; *J. Keershaw,* eE, 5/11.
Stérilisation des eaux par l'ozone; *E. Andreoli,* eER, 18/10.
L'électricité obtenue directement du charbon; *E. de Fodor,* ZE, 1/9.
Préparation du minerai de fer à la mine d'Edison (New Jersey); aEE, 28/10.
Sur une pile à gaz carbonés; *Borchers,* EZ, 11/11.
Progrès de l'Électrochimie; *B. Blount,* eE, 12/11.
Progrès des accumulateurs; *J. Esptern,* eER, 12/11.
Progrès de l'Électrochimie, *E. Andreoli,* eER, 12/11.
Progrès des piles primaires; *T. Gatehouse,* eER, 12/11.
Notes sur les dépôts électrochimiques de zinc; *S. Cowper-Coles,* eER, 19/11.

IV. — Matériel électrique pour courants continus.

Calculs des dynamos à courants continus et alternatifs; *E. Arnold,* EZ, 26/11.
Calcul des pertes dans le fer des machines dites d'*induction; Behn-Eschenburg,* EZ, 14/1.
Calcul des pertes dans les induits dentés; *M. Breslauer,* EZ, 11/2.
Calcul d'une dynamo; *R. Kennedy,* eER, 11/12.
Fabrication des disques d'armature; eER, 12/2.
Résistance d'armature des petits moteurs en dérivation; *R. Heller,* ZE, 1/12.
Machine pour le système à trois fils; *A. v. Ettinghausen,* ZE, 1/2.
Réglage de la vitesse des moteurs; *W. Anthony,* aEE, 16/12.
Théorie des moteurs à courant continu et vitesse constante; *W. Rhodes,* eER, 26/2.
Pratique de la construction des dynamos; *J. Seidener,* QE, 1/3.
Distorsion du champ par le courant d'armature; *F. Sleeper,* aEW, 14/11.
Matériel Siemens et Halske, de Chicago; aEW, 14/11, 21/11.
Calcul des moteurs; *A. Wiener,* aEW, 5/12, 12/12.
Rapport du flux à la puissance des dynamos; *F. Heldt,* aEW, 26/12.
Échauffement des bobines d'électros; *G. Carhart,* aEW, 2/1.
Réglage de la vitesse des moteurs électriques; *H. Ward Leonard,* aJ, 18/11.
Réaction d'induit due aux courants de Foucault; *Ch. Westphal,* EZ, 11/3.
Économie dans les électro-aimants; *W. Galdsborough,* aEW, 6/2.
Monture Edison (pour lampes à incandescence); *P. Bautze,* EZ, 18/3.
Théorie des machines à trois fils; *A. Rothert,* EZ, 22/4, 29/4.
Moteurs en dérivation pour tramways; *Luxemberg,* EZ, 29/4; *Egger,* 24/6.
Réactions d'armature et théorie de la commutation; *C. Hawkins,* eE, 30/4, 7/5, 4/6, 11/6.
Volume, poids et prix des dynamos; *E. Wilson,* JEE, avril 1897.
Appareils de sûreté pour génératrices de tramways; *G. Moffat,* aEE, 28/4.
Actions différentes des machines semblables; *W. Baxter,* aEW, 20/2.
Réaction d'induit et théorie de la commutation; *C. Hawkins,* eE, 14/5, 21/5, 28/5.
Sur les dynamos; *W. Mordey,* eE, 28/5, 4/6.
Échauffement des armatures; *G. Moffat,* aEE, 26/5.
Transformateur à courant continu; *C. Thorardson,* aEE, 2/6.
Réglage de la vitesse des moteurs de tramways; *W. Baxter,* aEW, 10/4, 17/4, 24/4.
Calcul du bobinage; *G. Hantchett,* aEW, 17/4.

Connexions des génératrices de tramways; *Woodbridge, a*EW, 17/4.
Calcul de l'excitation des dynamos en charge; *E. Bich,* EZ, 17/6.
Nouveau régulateur automatique pour machines en dérivation; *F. Collischonn,* EZ, 24/6.
Problème du petit entrefer; *B, Atkinson, e*E, 11/6.
Considérations sur les armatures à trous et à dents; *Dolivo Dobrolowsky,* EZ, 29/7.
Considérations sur les armatures à dents et à trous; *H. du Bois,* EZ, 19/8.
Calcul du compoundage des machines à courant continu; *L. Fleischmann,* EZ, 28/10.
Matériaux magnétiques pour dynamos; *e*E, 17/9.
Le champ magnétique dans les armatures perforées; *F. Baiby, e*E, 15/10.
Machine Rushmore à circuits multiples; *a*ER, 6/8.
Caractéristiques des dynamos; *W. Stine, e*ER, 13/8.
Sur les dynamos; *W. Mordey,* IEE, juillet.
Génératrices de 1500 kilowatts à Allegheny; *P. Thomas, a*EW, 20/11.
Théorie des moteurs à courant continu; *W. Baxter, a*EW, 27/11.
Progrès des machines dynamo-électriques; *W. Esson, e*ER, 12/11.

V. — Matériel électrique pour courants alternatifs.

Allure des moteurs asynchrones suivant la forme... etc... *G. Rœssler* et *A. Rœssler,* EZ, 19/11, 26/11, 3/12.
Calculs des dynamos à courants continus et alternatifs; *E. Arnold,* EZ, 26/11.
Réaction d'induit des alternateurs à fer tournant; *K. von Kando,* EZ, 10/12.
Prédétermination du courant à vide des moteurs à champ tournant; *W. Rübler,* EZ. 24/12.
Calcul des pertes dans le fer des machines dites d'induction; *Belm-Eschenburg,* EZ, 14/1.
Survolteurs pour courants alternatifs; *A. Russell, e*E, 13/11.
Inducteur alternateur *Mordey, e*ER, 12/2.
Examen complet des transformateurs américains modernes de capacité moyenne; *A. Ford,* UW.
Appareils de sûreté pour transformateurs; *H. Wirt, a*ER, 3/2.
Matériel de Siemens et Halske, de Chicago; *a*EW, 14/11, 21/11.
Réglage des moteurs à induits fermés; *A. Davis, a*EW, 12/12.
Couplage des alternateurs; *C. Steinmetz, a*EW, 2/1.
Machines à courants alternatifs; *E. Houston* et *A. Kennelly, a*EW, 2/1.
Sur les moteurs asynchrones; *B. Behrend,* EZ, 25/3.
Formules pour transformateurs; *A. Russell, e*E, 26/3.
Moteurs polyphasés asynchrones; *A. Eborall, e*ER, 26/3, 23/4, 30/4.
Nouvel appareil Tesla pour courants de haute fréquence; *a*EE, 3/3.
Bobines et condensateurs de *N. Tesla; a*ER, 3/3.
Moteurs à champ tournant et nombre de pôles variables; *R. Dahlander,* EZ, 29/4.
Progrès récents dans les machines à courant alternatif système Ganz; *A. Dubsky, e*E, 16/4, 23/4.
Couplage des alternateurs; *J. Woodbridge, a*EE, 28/4, 5/5.
Influence des moteurs synchrones sur le coefficient d'utilisation des stations centrales à courants polyphasés; *B. Klasson,* EZ, 13/5.

Influence de la forme de la courbe des tensions sur les pertes par hystérésis des transformateurs; *L. Freischmann,* EZ, 20/5.
Pertes de charges dans les transformateurs; *J. Bijur,* *a*EW, 27/3.
Transformateurs rotatifs; *C. Scott,* *a*EE, 12/8, 19/8, 26/8.
Proposition pour la construction des bobines d'induction; *G. Hontchet,* *a*EW, 17/7.
Prédétermination du réglage des transformateurs; *J. Bedell, R. Chandler* et *R. Scherrvood,* *a*EW, 14/8.
Construction d'un transformateur de 1250 watts; *H. Carhart,* *a*EW, 17/9.
Les moteurs d'induction; *C. Steinmetz,* *a*I, mai 1897.
Nouvelle forme de bobine d'induction; *E. Thomson,* *a*I, mai 1897.
Échauffement des transformateurs; EZ, 5/8.
Moteur à courant alternatif démarrant sous charge; *A. Heyland,* EZ, 26/8.
Théorie des moteurs à champ tournant et à nombre variable de pôles; *E. Zichl,* EZ, 2/9.
Calcul des alternateurs et spécialement de la réaction d'induit; *Fischer Himsen,* EZ, 14/10.
Installation d'un moteur asynchrone monophasé; *E. Scott,* *e*ER, 16/7.
Transformateur de phase Ferraris-Arno; *L. Lombardi,* EZ, 18/11, 2/12.
Transformateurs; *J. Swinburne,* *e*ER, 12/11.
Simple méthode de démarrage pour moteurs asynchrones à courants alternatifs; *e*ER, 26/11.
Réglage des alternateurs polyphasés à charge variable; *A. Gibson,* *e*ER, 3/12.

VI. — Canalisations. Appareillage.

Variations de la tension et de la flèche des lignes aériennes avec la température; *H. Schenkel,* EZ, 19/11.
Parafoudres pour appareils électriques; *E. Polaschek,* ZE, 15/12.
Appareils de sécurité pour transformateurs; *H. Wirt,* *a*EE, 17/1.
Boîte de jonction pour circuits de haute tension; *a*EE, 17/2.
Fils isolés et câbles; construction, calcul, isolement et défauts; *J. Bishop,* *a*EW, 14/11, 21/11, 28/11, 19/12, 26/12.
Appareils de sûreté; *W. Stine,* *a*EW, 23/1.
Nouvelle méthode pour actionner une bobine d'induction; *e*ER, 26/3.
Progrès des canalisations souterraines; *W. Mayer,* *a*EW, 30/1.
Canalisations intérieures; *W. Anthony,* *a*EW, 13/2, 27/2, 6/3, 13/3, 20/3.
Distance des supports de lignes aériennes; *L. Stork* et *J. Schwarz,* EZ, 5/4.
Nouveau parafoudre de Siemens et Halske; *H. Görges,* EZ, 8/4.
Installation des paratonnerres; *K. Koch,* EZ, 22/4.
Appareils automatiques pour pompes mues électriquement; *A. Oppenheim,* ZE, 15/4.
Appareils de sûreté pour génératrices de tramways; *G. Moffat,* *a*EE, 28/4.
Plombs fusibles pour branchements; *S. Sharpsteen,* *a*EE, 21/4.
Tuyaux non isolés pour canalisations intérieures; *V. Zingler,* *e*ER, 7/5, 14/5, 21/5.
Dispositif de sûreté pour circuits électriques, FI, mai.
Système de caniveaux souterrains pour tramways; *a*EE, 26/5.
Isolement et joints du troisième rail; *H. Landis,* *a*EE, 9/6.

Méthode pour assurer le fonctionnement des fusibles; *L. Downes* et *W. Woodward*, *a*EE, 9/6.
Ligne pour la transmission du Niagara; *J. White*, *a*EE, 16/6,
Canalisations souterraines pour éclairage; *W. Mayer*, *a*EW, 5/6, 11/6.
Calcul des conducteurs pour courants polyphasés; *H. Cahen*, EZ, 3/6, 10/6.
Prises de courant pour la traction électrique; *P. Poschenrieder*, ZE, 1/7.
Pose des fils; *Sharpsteen*, *a*EE, 30/6, 7/7.
Essais d'interrupteurs magnétiques automatiques; *C. Clark* et *C. Mac-Muller*, *a*EE, 15/7, 22/7.
Caniveaux pour canalisations; *W. Maver*, *a*EW, 19/6.
Construction des caniveaux à Saint-Louis; *F. Cosby*, *a*EW, 21/8, 28/8, 4/9, 5/11.
Comparaison des fusibles et des coupe-circuits pour la protection des moteurs; *J. Sachs*, *a*EW, 23/9.
Effet de la chaleur sur les isolants; *A. Bates* et *C. Barnes*, *a*I, mai 1897.
Nouvelle suspension pour lampes à arc; *H. Reutsch*, EZ, 22/7.
Simplification des paratonnerres; *K. Strecker*, EZ, 5/8.
Coup de foudre sur les conduites d'eau d'Erfurt, EZ, 5/8.
Sur le mode d'action des parafoudres discontinus et la protection collective; *K. Koch*, EZ, 14/10.
Calcul des rhéostats; *V. Zingler*, *e*ER, 17/9, 1/10.
Étude sur quelques isolants; *F. Phisterer*, *a*EW, 6/11, 13/11, 20/11.
Résistances de démarrage et d'inversion pour moteurs en dérivation; *C. Menges*, EZ, 2/12.

VII. — Stations centrales, installations diverses, systèmes de distribution.

Installations électriques de Gleiwitz; EZ, 3/12.
Installations municipales de Munich; *F. Uppenborn*, EZ, 7/1.
Installations de Malte; *e*E, 22/1.
Installation d'éclairage de Leyton (gaz Dowson), *e*ER, 20/11.
Éclairage de Manchester (cinq fils), *e*ER, 4/12.
Station centrale de Prague, ZE, 15/12.
L'Électricité dans la Marine; *A. Fiske*, *a*EE, 12/11, 18/11, 25/11, 2/12, 9/12.
Installations électriques de Genève; *J. Petavel*, *a*EE, 2/12.
Nouvelles installations du Niagara; *O. Dunlop*, *a*EE, 2/12.
L'Électricité à bord; *A. Fiske*, *a*EE, 13/1, 20/1, 27/1, 16/12, 30/12.
Système de distribution Churchward avec compensateurs, *a*EE, 23/12.
Installation de Rathausen, près Lucerne; *E. Guinaud*, EZ, 4/3.
Le yacht Utopian, *a*EW, 7/11.
Moteurs synchrones comme compensateurs sur les réseaux alternatifs; *E. Berg*, *a*EW, 21/11, 28/11, 12/12.
Principes de distribution électrique; *F. Crooker*, *a*EW, 23/1, 30/1, 6/2, 13/2, 20/2.
Distribution à 230 volts; *A. Gibbings*, *e*E, 12/3.
Transmission par courant continu en série; *J. Hecht*, *e*E, 19/3.
Sous-station d'accumulateurs de la New-York Édison C°, *a*EE, 10/3.
Fils d'équilibre pour dynamos compound couplées en parallèle; *E. Keller*, FI, mars.

Tarifs des stations centrales et concurrence des installations dans les blocs de maisons; *M. Kalmann,* EZ, 22/4.
Installation de la Narragansett Electric Lighting C°, *J. Westzler,* *a*EE, 7/4.
Reconstruction de l'usine à courants alternatifs de Montréal; *P, Gossler,* *a*EE, 14/4.
Station de la Potonsac Light C°; *M. Hopkins,* *a*EE, 28/4.
Installations hydro-électriques aux États-Unis; *B. Washington,* *a*EW, 6/3.
Influence des moteurs synchrones sur le coefficient d'utilisation des stations centrales à courants polyphasés; *B. Klasson,* EZ, 13/5.
Station centrale de Rome; *a*ER, 7/5.
Edison Electric illuminating Company, à New-York; *H. Lomas* et *H. Guntton,* *a*ER, 28/5.
Station centrale de Rumburg; *Demuth,* ZE, 15/5.
L'Électricité dans les mines de houille; *H. Gardner,* *a*EE, 5/5.
Augmentations profitables au débit des stations centrales; *A. Wright,* *a*EE, 16/6.
Utilisation pendant le jour des stations centrales; *E. Martin,* *a*EE, 16/6.
Éclairage de Norwich; *H. Gunton* et *H. Lomas,* *a*EW, 10/4.
Changements de fréquence; *F. Patten,* *a*EW, 11/6.
Station polyphasée de Buda-Pesth; *F. Jehl,* *e*E, 18/6.
Distribution d'énergie à Sandycroft; *e*ER, 18/6.
Compagnie Edison à Chicago; *e*ER, 25/6.
Emploi des accumulateurs pour compenser les variations de tension; *G. Iltner,* ZE, 1/6.
Systèmes de machines à trois fils; *J. Sachs,* ZE, 1/6.
Système Deri pour traction par courants continus et alternatifs; ZE, 15/6.
Installation d'Ogden (Utah); *a*EE, 15/7.
Installation de 150000 chevaux sur le Saint-Laurent; *a*EE, 5/8.
Éclairage de Rochester; *G. Muldaur,* *a*EE, 30/9.
L'électricité sur la scène; *H. Bissing,* *a*EW, 3/7.
Installation du New-York Life Building; *a*EW, 10/7.
Le Niagara; *L.-B. Stilwell,* *a*EW, 10/7.
Épuisement du Delta de Munel; *L. Silberstein,* *e*Z, 30/9.
Schéma pour circuits à trois fils, avec l'emploi de la même machine comme survolteur ou réserve pour l'un ou l'autre point; *M. Gruhn,* EZ, 4/11.
Station centrale de Wynau; *J. Petavel,* *e*E.
Éclairage d'Édimbourg; *S. Fedden,* *e*E, 16/7.
Systèmes de distribution; *J. Blaikie,* *e*E, 13/8.
Systèmes de distribution; *J. Jeckell* (*loc. cit.*), *e*E, 13/8.
Nouvelle station de Bradford; *e*E, 15/10.
Station de Shoreditch; *e*ER, 2/7.
Systèmes de distribution; *J. Blaikie,* *e*ER, 23/7.
Systèmes de distribution; *J. Jeckell,* *e*ER, 23/7.
Stations hydro-électriques des États-Unis, *e*ER, 6/8, 13/8.
Essais de l'éclairage de la bibliothèque du Congrès; *E. Hutchinson,* *a*EE, 4/11.
Avantage de la distribution électrique à bord des navires; *O. Dodge,* *a*EW, 13/11.
Nouvelle station centrale de tramways de New-York; EZ, 25/11.
Distribution de l'énergie électrique; *C. Wordingham,* *e*E, 3/12.
Progrès des stations centrales; *R. Hammond,* *e*ER, 12/11.

VIII. — Transmission de l'énergie. Traction.

Système *Circla* de contacts superficiels pour tramways; EZ, 14/1.
Tramways à courants alternatifs; *R. Arno,* EZ, 21/1.
Rails soudés continus; *R. Eyre,* eE, 18/12.
Diagrammes de traction; *T. Tomlinson,* eER, 11/12.
Automoteurs électriques; *D. Fitz-Gérald,* eER, 11/12.
Comparaison entre l'électricité et l'air comprimé; résultats observés dans une mine; *L. Searing,* aEE, 25/11.
Rapport à la Commission des tramways de Brooklyn; *J. Barrett,* aER, 9/12.
Transport d'énergie de Rheinfelden, ZE, 1/3, 15/3.
Comment augmenter le rendement des moteurs de tramways; *W. Baxter,* aEW, 7/11.
État actuel des transmissions du Niagara; *F. Perkins,* aEW, 21/11, 28/11, 5/12, 12/12, 19/12.
Nécessité d'un type unique pour les appareils de tramways; *W. Baxter,* aEW, 21/11.
Électrolyse par les retours de tramways; *D. Jakcson,* aEW, 5/12.
Usage des accumulateurs dans les tramways; *W. Baxter,* aEW, 9/1.
Locomotive de mines (système *Thofern* aux mines d'Anaconda); EMJ, 16/1.
Traction électrique sur les chemins de fer; aI, 21/10.
Système *Simplex* pour traction, eER, 12/3.
Transmission d'énergie à Hartford; *W. Robb,* aEW, 13/2.
Tramways électriques de Hanovre; *F. Ross,* EZ, 1/4.
Tramways à accumulateurs; *E. Sigq,* EZ, 1/4.
Moteurs en dérivation pour tramways; *Luxemberg,* EZ, 29/4.
Progrès dans la traction électrique; *A. Baylor,* eE, 16/4.
Système *Walker* de traction électrique; *J. Eck,* eE, 30/4.
Résistances de démarrage; *E. Pochin,* eE, 7/5.
Propulsion sur les canaux; *L. Robinson,* eE, 7/5.
Transmission à longue distance par courants alternatifs; *W. Esson,* SA, 26/3.
Système diagonal de construction pour lignes de railways; *J. Henry,* aEE, 31/3.
Transmission d'énergie à Hartford; *W. Robb,* aEW, 20/2.
Transmission de Regla Pachura; *G. Henry,* aEW, 13/3, 20/3.
Sur l'emploi des moteurs en dérivation pour les tramways; *R. Bauch,* EZ, 27/5.
Transmission par courants triphasés ou continus; *G. Addenbrooke,* eER, 30/4.
Utilisation des forces hydrauliques pour la transmission; *W. Baxter,* aER, 30/4.
Exigences de la traction électrique à grande vitesse; *H. Cochrane* et *E. Swartout,* aEE, 5/5, 12/5.
Conditions financières des tramways américains; *E. Higgins,* aEE, 5/5, 12/5.
Automobile à accumulateurs de la *Pope-Manufacturing C°,* aEE, 19/5.
Installation du troisième rail sur le chemin de fer entre New-Britain et Hartford, aEE, 19/5.
Traction électrique au Port-Chalmette (Nouvelle-Orléans); *W. Smith,* aEW, 3/4.
Réparations aux voitures à trolley; *D.-O. Mahony,* aEE, 2/6.
Coût et avantages de l'électricité pour la traction; *J. Henry,* aEE, 2/6.
Transmission d'énergie à Springfield (Mass.), aEE, 9/6.
Isolement et joints du troisième rail; *H. Landis,* aEE, 9/6.

Réglage de la vitesse des moteurs de tramways; *W. Baxter*, *a*EW, 10/4, 17/4, 24/4.
Résistances de démarrage; *E. Pochin*, EZ, 17/6.
Transmissions dans les ateliers de fonderie et de construction de Farrell, *a*EE, 22/7.
Ouverture du tramway souterrain de Boston; *H. Weller*, *a*EE, 2/9.
Installations des tramways de Charleston, *a*EE, 2/9.
Système Croker (tramway à contact superficiel), *a*EE, 23/9.
Système de contacts superficiels de la *General Electric*, *a*EE, 21/10.
Applications des accumulateurs à la traction; *C. Hewitt*, *a*EE, 21/10.
Ligne du Niagara à Buffalo; *J. Withe*, *a*EW, 19/6.
Automobiles et locomotives; *W. Baxter*, *a*EW, 31/7.
Système Sprague pour Elevated Railroads à Chicago; *a*EW, 7/8.
Emploi de l'électricité sur les Elevated Railways; *S. Short*, *a*EW, 7/8.
Les cabs électriques à New-York, *a*EW, 14/8.
Diagnose des tramways; *C. Billberg*, *a*EW, 14/8.
Trolley souterrain à New-York, *a*EW, 28/8.
Tramway souterrain de Boston; *J. Talbot*, *a*EW, 11/9.
Usage des courants polyphasés pour les tramways; *M. Hoopes*, *a*EW, 23/10.
Suspension des fils aériens pour tramways; *G. Rasch*, EZ, 8/7, 15/7.
Tramways de Leipzig; *Eisig*, EZ, 5/8.
Tramways de Budapesth; *Braun*, EZ, 9/9.
Locomotive électrique de l'Allgemeine Elektricitats Gesellschaft, EZ, 71/0.
Nouveau système de réglage pour les tramways; *A. Blondel*, EZ, 28/10.
Circuits pour annoncer automatiquement la remise en état des fils télégraphiques et faciliter la localisation des défauts; *Dehms*, EZ, 28/10.
Cabs électriques, *e*E, 20/8.
Tramways de Montréal; *C. Cunningham*.
Chemin de fer de New Haven (à contact superficiel), *e*ER, 2/7, 16/7.
Transmission de Fresno (Californie), *e*ER, 16/7.
Pertes dans les arrêts des tramways; *H. Herring*, *e*ER, 13/8.
Tramways de Tacoma; *A. Hanks*, *e*ER, 13/8.
Stations du chemin de fer de Brooklyn; *H. Gunton* et *H. Lomas*, *e*ER, 20/8.
Tramways électriques de Leeds; *e*ER, 27/8.
Tramwaxs de Bruxelles; *E. Scott*, *e*ER, 17/9, EZ, 11/11.
Tramways de Douvres; *e*ER, 1/10.
Réparation des appareils de tramways; *W. Shepard*, *e*ER, 8/10.
Prises de courant pour fils aériens et souterrains de tramways; *P. Poschenrieder*, ZE, 15/7.
Tramways de Prague; ZE, 15/10.
L'électricité sur les chemins de fer suburbains; *S. Short*, *a*EE, 28/10.
Usage des courants polyphasés pour les tramways; *M. Hoopes*, *a*EE, 28/10, 4/11.
Application des accumulateurs à la traction; *C. Hewett*, *a*EE, 28/10.
Développement du telphérage électrique; *R. Lamb*, *a*EE, 4/11, *e*ER, 19/11.
Doit-on souder ou non? *A. Dobbs* et *C. North*, *a*EE, 18/11.
Traction par accumulateurs; *L. Epstein*, *e*E, 19/11.
Progrès des applications aux chemins de fer; *Langdon*, *e*ER, 12/11.
Progrès de la transmission de l'énergie; *R. Kennedy*, *e*ER, 12/11.
Progrès de la traction électrique; *P. Dawson*, *e*ER, 12/11.

Particularités mécaniques de la traction électrique; *P. Dawson*, *e*ER, 19/11, 26/11, 3/12.

Locomotive de l'Allgemeine Gesellschaft de Berlin; ZE, 1/12.

IX. — Éclairage et chauffage.

Question des lampes à incandescence; *O. Gusinde*, EZ, 24/12.

Résultats d'expériences sur les lampes à incandescence; *H. Riggert*, EZ, 31/12.

Sur les lampes à incandescence; *S. Bussmann*, EZ, 28/1.

Emploi du courant pour fusion au creuset; *H. Leeds*, *e*E, 22/1.

Prix réel de la lumière électrique; *e*ER, 4/12.

Lampes à incandescence; *F. Terry*, *a*EE, 27/1.

Éclairage des wagons-poste en Autriche; *C. Kriz*, EZ, 4/3.

Charbon des lampes à incandescence; *E. Marsh*, *a*EW, 21/11.

Surface rayonnante des filaments de lampe; *J. Howell*, *a*EW, 9/1.

Lampe *Blahnik*, *e*ER, 12/3.

Recherche des défauts dans les lampes à arc; *e*ER, 19/3.

Extinction automatique des lampes; *e*ER, 26/3.

Lampe à arc pour faibles intensités; ZE, 15/3.

Conductibilité des filaments de lampe à incandescence; *J. Howell*, *a*EE, 17/3, *a*ER, 10/3, 17/3.

Lampes à incandescence; *F. Terry*, *a*EW, 30/1.

Rendement lumineux de l'arc alternatif; *A. Blondel* et *E. Jigouzo*, *a*EW, 13/2, 20/2.

Chauffage et cuisine électriques; *G. Cutter*, *a*ER, 24/2.

Chauffage à l'électricité des usines du Niagara; *O. Dunlap*, *e*E, 9/4.

Lampes à arc pour les rues; *A. Hesketh*, *e*E, 9/4.

Les lampes de haut voltage; *L. Addenbrooke*, *e*ER, 2/4.

Action électrique du charbon dans les flammes; *R. Fuge*, *a*ER, 7/5.

Procédé chimique et mécanique pour faire le vide dans les lampes; *a*ER, 7/5.

Éclairage par arcs en Europe et en Amérique; *F. Wiler*, *a*EE, 5/5.

Lampe à arc *Walker*, *a*EE, 12/5.

Progrès de l'éclairage à arc; *E. Thomson*, *a*EE, 16/6, *a*EW, 11/6.

Lampes à haut et bas voltage; *J. Howell*, *a*EW, 5/6.

Progrès des lampes à arc closes; *L. Marks*, *a*EW, 5/6.

Progrès de l'éclairage à arc; *E. Thomson*, *e*EW, 11/6.

Nouveau dispositif de chalumeau électrique; ZE, 15/6.

Mécanisme des lampes à arc; *H. Watts*, *a*EE, 30/9, 7/10, 14/10.

Usage du chauffage électrique dans la fabrication des chapeaux; *a*EW, 31/7.

Lampes à 220 volts; *G. Shepardson*, *a*EW, 31/7.

Valeurs relatives des lampes à 220 et à 110 volts; *F*, *Villcox*, *a*EW, 2/10.

Éclairage public; *H. Boot*, *e*E, 16/7.

Emploi des *rectifiers* pour l'éclairage; *C. Taite*, *e*E, 16/7.

Expériences sur l'arc alternatif; *C. Smith*, *e*E, 22/10.

Facteurs du rendement de l'arc alternatif; *W. Burine*, *e*E, 22/10.

Lampes à 220 volts; *G. Shepardson*, *e*ER, 20/8.

Lampe à arc enfermé, *Davy*, *e*E, 12/11.

Progrès de l'éclairage à incandescence dans les vingt-cinq dernières années ; *J. Sivan*, *e*ER, 12/11.

Progrès de l'éclairage à arc ; *R. Crompton*, *e*ER, 12/11.

X. — Machines. Applications électro-mécaniques.

Nouveau régulateur de machines à vapeur ; *Tolle*, EZ, 4/3.

Enclenchement électrique des signaux ; *F. Gollins*, *e*E, 12/2.

Perforatrices de la Société des charbonnages des Bouches-du-Rhône ; *A. Suell*, *e*E, 26/2.

Machine à vapeur à faible course ; *A. Raworth*, *e*E, 26/2.

Essais d'un turbo-générateur *Parsons* ; *W. Hunter*, *e*ER, 19/2.

Locomotive de mines (système *Thofern*, aux mines d'Anaconda) ; EMJ, 16/1.

Vitesses limites pour courroies et cordes de transmission ; *e*ER, 30/4.

Transmissions électriques dans les usines ; *S. Clirehugh*, *a*ER, 21/5, 28/5, 4/6.

L'ascenseur Sprague, à Minneapolis ; *F. Sprague*, *a*EE, 12/5.

Monte-charges électriques ; *a*EW, 3/4.

Ascenseurs *a*EW, 10/4, 17/4, 24/4, 1/5, 8/5, 29/5.

Ascenseurs *Ottis* ; *a*EW, 22/5.

Chargement mécanique des fours à acier par moteurs électriques ; *J. Head*, *e*E, 25/6.

Ateliers de constructions électriques ; *J. Hobert*, *a*EE, 23/6, 7/7.

Transmissions dans les ateliers de fonderie et de construction de Farrell ; *a*EE, 22/7.

Dynamomètre de transmission *Bedell*, *a*EE, 26/8.

Mécanisme des lampes à arc ; *H. Watts*, *a*EE, 30/9, 7/10, 14/10.

Pont tournant manœuvré électriquement ; *J. Woodbridge*, *a*EW, 3/7.

Questions relatives aux ascenseurs électriques ; *J. Woodbridge*, *a*EW, 7/8.

Tondeuses électriques ; *W. Dickinson*, *a*EW, 21/8.

Emploi des moteurs électriques pour l'impression et la reliure ; *R. Bishop*, *a*EW, 9/10, 16/11.

Horloge électrique ; *W. Elsasser*, EZ, 21/10.

Production de la vapeur ; *F. Snell*, *e*E, 9/7.

Rupture d'un volant ; *e*ER, 13/8.

Frein électro-pneumatique ; *Chaptal*, ZE, 1/9.

Grues et ascenseurs électriques ; *H. Ravenshaw*, *e*E, 19/11, 26/11.

Progrès de la machine à vapeur ; *J. Raworth*, *e*ER, 12/11.

Progrès de la construction des chaudières ; *W. Booth*, *e*ER, 12/11.

XI. — Télégraphie, Téléphonie, Signaux.

Conjoncteur automatique pour bureaux centraux téléphoniques ; *J. West*, EZ, 26/11.

Téléphonie en Norvège, EZ, 3/12.

Développement actuel de la Téléphonie ; *J. West*, EZ, 4/2, 11/2.

Localisation des défauts des câbles sous-marins ; *H. Cann* et *R. Jones*, *e*ER, 18/12, 1/1.

Récepteur à miroir construit pour usage à bord ; *R. Jones*, *e*ER, 8/1.

Commutateur du Bureau central de Bonn ; *C. Biegler*, ZE, 1/1.

Nouveau télégraphe imprimeur, système Hoffmann, ZE, 15/1.

Téléphone sans pile d'appel chez l'abonné ; *G. Ritter*, EZ, 18/2, 25/2, 4/3.

Enclenchement électrique des signaux; *F. Collins,* eE, 12/2.
Projecteurs; *W. Pretty,* eE, 19/2, 26/2, 19/3.
Le câble rapide; *A. Dearlove,* eE, 26/2.
Nouvelle méthode pour relever un câble; *F. Taylor,* eE, 26/2.
Expérience sur la théorie du téléphone; *R. Nakayama,* aEW, 7/11, 14/11.
Relais téléphoniques; *T. Lockwood,* aEW, 14/11, 21/11, 28/11.
Télégraphie auxiliaire; *J. Ritsee,* FI.
Le câble rapide; *J. Rymer Jones,* eR, 5/3.
Flèche des fils télégraphiques (fer et bronze); EZ, 11/3.
Prises de terre sur les rails pour stations télégraphiques; *P. Höfer,* EZ, 25/3.
Bureau téléphonique de New-Dey street, à New-York; *H. Webb,* aEE, 17/3.
Signaux du Cincinnati Railway; *S. Coles,* aER, 10/3.
Bureau central téléphonique de Christiania; *J. West,* EZ, 1/4.
Séchage des câbles à isolement d'air; *H. Petsch,* EZ, 8/4.
Câble entre l'Allemagne et la Norvège; *A. Petersen,* EZ, 29/4.
Particularités remarquables des réseaux téléphoniques étrangers; *J. West,* EZ, 29/4.
Un bureau téléphonique moderne; *E. Kammeyer,* aER, 28/4.
Nouveau système duplex de télégraphie; *L. Pohl,* EZ, 13/5.
Télégraphie duplex avec l'appareil Hughes; *Wietlisbach,* EZ, 20/5.
Du rôle de l'élément dans les vitesses de transmission des câbles; *E. Raymond Barker,* eER, 16/4.
Pose rapide des câbles sous-marins en cas de guerre; *L. Crutchley* et *C. Scott,* aER, 14/5, 21/5, 28/5.
Synchronographe; *A. Crehore* et *G. Squier,* aEE, 5/5, 12/5, 19/5, EZ, 22/7.
Relai téléphonique; *F. Patten,* aEW, 22/5, 29/5, 5/6.
Transmetteur rapide à décharge pour câbles sous-marins de Muirhead; EZ, 3/6.
Sur la polarisation des récepteurs téléphoniques; *Giltay,* EZ, 10/6.
Téléphonie interurbaine en Angleterre; *J. Gavey,* EZ, 17/6, 24/6, 1/7.
Essais dans le service télégraphique; *E. Young,* eE, 11/6.
Télégraphie sans fils; *W. Preece,* eE, 11/6, EZ, 29/7.
Télégraphie automatique; *J. Delany,* aEE, 23/6, 7/7.
Télégraphe imprimant photographique; *J. Eaton,* aEE, 7/7.
Construction des téléphones privés; *J. Smith,* aEE, 7/7.
Le téléphone à Hartford (Connecticut); aEE, 9/9.
Système *Royse* de télégraphie pour trains de chemins de fer; aEE, 16/9.
Téléphone de Binghampton; *H. Gardner,* aEE, 23/9.
Transmetteurs de signaux à champ tournant; *C. Arldt,* EZ, 12/8.
Système télégraphique *Marconi,* EZ, 19/8.
Appel de station; *H. Wetzer,* EZ, 26/8.
Circuit pour annoncer automatiquement la remise en état des fils télégraphiques et faciliter la localisation des défauts; *Dehms,* EZ, 28/10.
Essais des fils télégraphiques; *J. Young,* eE, 2/7.
Système téléphonique de la Grande-Bretagne; *L. Raphaël,* eE, 2/7, 9/7, 30/7, 13/8, 27/8, 17/9, 1/10, 5/11.
Méthodes d'essai des lignes télégraphiques; *J. Young,* eE, 16/7, 6/8, 20/8, 3/9, 24/9, 8/10, 29/10.
Télégraphie sous-marine; *R. Sayers* et *S. Grant,* eE, 1/10.

Nouvelle méthode pour localiser les ruptures des câbles sous-marins; *C. Schaefer*, eE, 15/10, eE, 29/10.
Système de télégraphie *Marconi*, eER, 16/7.
Influence des défauts et des dimensions des câbles sur la vitesse de transmission des signaux; *W. Preece*, eER, 6/8.
Usage des canalisations d'éclairage pour les bureaux téléphoniques; *C. Smith*, eER, 27/8.
Télégraphes du Royaume-Uni; *C. Bright*, eER, 10/9, 24/9.
Troubles dans les transmissions sous-marines causés par les tramways; *A. Trotter*, IEE, juillet.
Développement des multiples dans les bureaux téléphoniques; *H. Hellriegel*, ZE, 1/11.
Points remarquables des réseaux téléphoniques étrangers; *G. West*, EZ, 11/11.
Connexions pour lignes téléphoniques communes; *J. West*, EZ, 18/11.
Histoire du *coherer; O. Lodge*, eE, 12/11.
Méthode d'essai pour les ingénieurs télégraphistes; *J. Young*, eE, 26/11.
Progrès de la Télégraphie militaire; *R. von Fischer Treuenfeld*, eER, 12/11.
Progrès de la Téléphonie; *J. Kingsburg*, eER, 12/11.
Progrès de la Télégraphie sous-marine; *C. Bright*, eER, 12/11.
Progrès de la Télégraphie; *W. Preece*, eER, 12/11.

XII. — Divers; historique. Jurisprudence.

Développement historique de l'Électrotechnique; *J. Karcis*, ZE, 1/1, 15/1.
Revue des progrès de l'industrie électrique depuis quinze ans; aEE, 6/1.
Discours à l'inauguration de la transmission de Buffalo; *N. Tesla*, aER, 27/1.
Documents relatifs à l'éclairage par les Municipalités; aEE, 17/2.
Procès de la Compagnie Bell; *E. Frost*, aEW, 7/11.
Patente Berliner 1891 devant la Cour suprême; *E. Frost*, aEW, 21/11.
Observations sur les montres aimantées; *W. Lewis*, FI.
Mesures à prendre contre les dangers d'incendie par l'électricité; *F. Bathurst*, SA, 12/3.
Un court circuit à Niagara Gorge; *O. Dunlap*, aEE, 21/6.
Projet de règlement pour les installations au-dessus de 1000 volts; EZ, 3/6.
Nouvelles dispositions de la loi américaine sur les brevets; *Th. Stort*, EZ, 10/6.
Règles pour l'emploi des courants de haute tension; EZ, 29/7.
Règles de l'Institution of Electrical Engineers; eEK, 20/8.
Construction électrique en Europe; *G. Zahn*, aEE, 4/11.
Histoire du *coherer; O. Lodge*, eE, 12/11.
Méthode d'essai pour les ingénieurs télégraphistes; *J. Young*, eE, 26/11.
Progrès de l'éclairage à incandescence dans les vingt-cinq dernières années; *J. Swan*, eER, 12/11.
Progrès des machines dynamos électriques; *W. Esson*, eER, 12/11.
Progrès de la Télégraphie militaire; *R. von Fischer Treuenfeld*, eER, 12/11.
Progrès des accumulateurs; *J. Epstern*, eER, 12/11.
Progrès des instruments de mesure; *J. Price*, eER, 12/11.
Progrès de l'Électrochimie; *E. Andreoli*, eER, 12/11.
Progrès de la machine à vapeur; *J. Raworth*, eER, 12/11.

Progrès de l'Électrothérapeutique; *W. Hedley*, *e*ER, 12/11.
Progrès de la construction des chaudières; *W. Booth*, *e*ER, 12/11.
Transformateurs; *J. Swinburne*, *e*ER, 12/11.
Progrès des applications aux chemins de fer, *W. Langdon*, *e*ER, 12/11.
Progrès de la transmission de l'énergie; *R. Kennedy*, *e*ER, 12/11.
Progrès de l'éclairage par arc; *R. Crompton*, *a*ER, 12/11.
Progrès des mesures absolues; *A. Gray*, *e*ER, 12/11.
Progrès de la Téléphonie; *J. Kingsburg*, *e*FR, 12/11.
Progrès de la Télégraphie sous-marine; *C. Bright*, *e*ER, 12/11.
Progrès de la Physique expérimentale; *R. Appleyard*, *e*ER, 12/11.
Progrès de la traction électrique; *P. Dawson*, *e*ER, 12/11.
Progrès de la Télégraphie: *W. Preece*, *e*ER, 12/11.
Progrès du Magnétisme; *A. Jamieson*, *e*ER, 12/11.
Progrès des stations centrales; *R. Hammond*, *e*ER, 12/11.
Progrès des piles primaires; *T. Gatehouse*, *e*ER, 12/11.
Électricité musculaire; *J. Wright*, *e*ER, 26/11.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

CITÉS DANS LE TOME XIV.

25319 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

ANNÉE 1898.

COMITÉ D'ADMINISTRATION.

Présidents honoraires.

MM. Georges BERGER, ex-Directeur de l'exploitation de l'Exposition universelle de 1889, Député, 8, rue Legendre, à Paris.

Maurice LŒWY, Membre de l'Institut, Directeur de l'Observatoire de Paris, à l'Observatoire, à Paris.

Anciens Présidents.

1883-1885. BERGER (Georges), ex-Directeur de l'exploitation de l'Exposition universelle de 1889, Député, 8, rue Legendre, à Paris.

1886. LŒWY (Maurice), Membre de l'Institut, Directeur de l'Observatoire de Paris, à l'Observatoire, Paris.

1887. MASCART (E.), Membre de l'Institut, Directeur du Bureau Central Météorologique, 176, rue de l'Université, à Paris.

1888. LEMONNIER (Paul), *décédé en* 1894.

1889. SEBERT (Général H.), Membre de l'Institut, Administrateur de la *Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée,* 14, rue Brémontier, à Paris.

1890. FONTAINE (Hippolyte), Ingénieur électricien, Administrateur de la *Société des machines magnéto-électriques Gramme,* 52, rue Saint-Georges, à Paris.

1891. JOUBERT (J.), Inspecteur général de l'Instruction publique, 67, rue Violet, à Paris.

1892. CARPENTIER (J.), ancien Ingénieur des Manufactures de l'État, successeur de Ruhmkorff, 34, rue du Luxembourg, à Paris.

1893. RAYMOND (L.), Administrateur des Postes et des Télégraphes, 87, boulevard de Courcelles, à Paris.

1894. POSTEL-VINAY (A.), Constructeur électricien, 41, rue des Volontaires, à Paris.

1895. POTIER (A.), Membre de l'Institut, Ingénieur en chef des Mines, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris.

1896. SCIAMA (Gaston), Directeur de la *Maison Breguet,* 19, rue Didot, à Paris.

BUREAU.

Président.

ARSONVAL (Dr A. d'), Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France, Directeur du Laboratoire de Physique biologique, 28, avenue de l'Observatoire, à Paris.

Président pour l'exercice 1898-1899.

PICOU (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 41, rue Saint-Ferdinand, à Paris.

Vice-Présidents.

Dates d'entrée et de sortie.

1895-1898. VIOLET (Léon), Ingénieur, Directeur des ateliers de la *Maison J. Carpentier,* 20, rue Delambre, à Paris.

1895-1898. VIOLLE (J.), Membre de l'Institut, Maître de Conférences à l'École Normale, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris.

* * *

1896-1899. NERVILLE (Ferdinand de), Ingénieur des Télégraphes, 59, rue de Ponthieu, à Paris.

1896-1899. PELLAT (Henri), Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Paris, 3, avenue de l'Observatoire, à Paris.

* * *

1897-1900. HILLAIRET (A.), Ingénieur-Constructeur, 22, rue Vicq-d'Azir, à Paris.

1897-1900. POLLARD (Jules), Ingénieur de la Marine, 28, rue Bassano, à Paris.

Secrétaire général.

1897-1899. GOSSELIN (X.), Chef des Travaux électriques à l'École centrale des Arts et Manufactures, 12, rue de Saint-Quentin, à Paris.

Secrétaires.

1895-1898. BOUCHEROT (Paul), Ingénieur-Conseil, 44, rue Laugier, à Paris.

1896-1898. POINCARÉ (Lucien), Docteur ès Sciences, chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris, 17, rue d'Assas, à Paris.

* * *

1897-1899. BRUNSWICK (E.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du Service électrique de la Maison *Breguet*, 75, rue Didot, à Paris.

1896-1899. LAFFARGUE (Joseph), Ingénieur électricien, 70, boulevard de Magenta, à Paris.

* * *

1897-1900. ALIAMET (Maurice), Chef du Laboratoire électrotechnique au Chemin de fer du Nord, 23, rue Philippe-de-Girard, à Paris.

1897-1900. LOPPÉ (F.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 240, rue de Vaugirard, à Paris.

Trésorier.

1896-1898. VIOLET (Léon), Ingénieur, Directeur des ateliers de la *Maison J. Carpentier,* 20, rue Delambre, à Paris.

MEMBRES DU COMITÉ.

tes d'entrée
et de sortie.

1895-1898. BÉLUGOU (Victor), Ingénieur des Télégraphes, 103, rue de Grenelle, à Paris.

1895-1898. BOISTEL (Ernest), Électricien, Expert près le Tribunal de la Seine, 112, rue Blomet, à Paris.

1895-1898. CHAPERON (Ch.-E.), Ingénieur, Chef de division aux *Chemins de fer P.-L.-M.*, 11, rue Roquépine, à Paris.

1895-1898. CLÉMANÇON (Édouard), Ingénieur, 23, rue Lamartine, à Paris.

1895-1898. DUCRETET (E.), Constructeur d'instruments de précision, 75, rue Claude-Bernard, à Paris.

1895-1898. HARLÉ (E.), Constructeur électricien, 26, avenue de Suffren, à Paris.

1895-1898. LABOUR (Ed.), Ingénieur des ateliers la *Société l'Éclairage Électrique*, 71, boulevard Montparnasse, à Paris.

1895-1898. LIPPMANN (G.), Membre de l'Institut, 10, rue de l'Éperon, à Paris.

1895-1898. MAREY (E.), Membre de l'Institut, 11, boulevard Delessert, à Paris.

1895-1898. MÉNIER (H.), 8, rue de Vigny, à Paris.

1895-1898. MEYER (F.), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur de la *Compagnie continentale Edison*, 28, rue de Châteaudun, à Paris.

1896-1898. MILDÉ (Charles), Constructeur électricien, 51, 60 et 62, rue Desrenaudes, à Paris.

1895-1898. SARCIA (J.), Ingénieur de la *Compagnie générale de Traction et d'Électricité*, 72, rue de Paris, à Enghien (Seine-et-Oise).

1897-1898. SARTIAUX (Eug.), Ingénieur, Chef des Services électriques au Chemin de fer du Nord, Président de l'Association amicale des Ingénieurs électriciens; Vice-Président du Syndicat professionnel des Industries électriques, 48, rue de Dunkerque, à Paris.

1896-1898. STREET (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, 60, boulevard Haussmann, à Paris.

1895-1898. TOUANNE (de la), Ingénieur des Télégraphes, 8, rue de Tournon, à Paris.

* * *

1896-1899. BAUDOT (Émile), Ingénieur des Télégraphes, 1, rue Littré, à Paris.

1897-1899. BERNHEIM (Ed.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 18, rue Pierre-Charron, à Paris.

1896-1899. BRILLIÉ (Lucien), Ingénieur électricien, 93, route de la Barre, à Enghien, (Seine-et-Oise).

1896-1899. CANCE (Alexis), Ingénieur électricien, 5, rue St-Vincent-de-Paul, à Paris.

1896-1899. CURIE (Pierre), rue des Sablons, à Sceaux (Seine).

1896-1899. DUJARDIN (P.-J.-R.), Héliographe, 28, rue Vavin, à Paris.

1896-1899. FAYOT (Louis), Directeur des ateliers de la *Maison Breguet*, 19, rue Didot, à Paris.

1896-1899. GROSSELIN (Marie-Joseph), Ingénieur civil des Mines, 69, avenue Henri-Martin, à Paris.

1896-1899. HOSPITALIER (Édouard), Professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris, 12, rue de Chantilly, à Paris.

Dates d'entrée et de sortie.

1896-1899. MIET (Maurice), Directeur de l'usine de la *Compagnie du Secteur de la Rive Gauche,* 39, quai d'Issy, à Issy-les-Moulineaux (Seine).

1896-1899. MINET (Adolphe), Chimiste électricien, 37, rue de Berne, à Paris.

1896-1899. MONMERQUÉ (A.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 71, rue de Monceau, à Paris.

1896-1899. MONTPELLIER (J.), Rédacteur en chef de l'*Électricien,* 12, rue des Rochers, à Clamart (Seine).

1896-1899. RAFFARD (Nicolas-Jules), Ingénieur-Conseil de la *Maison Breguet,* 5, avenue d'Orléans, à Paris.

1896-1899. RICHARD (Gustave), Agent général de la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale,* 44, rue de Rennes, à Paris.

1896-1899. VASCHY (A.), Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes, Examineur d'admission à l'École Polytechnique, 68, avenue Bosquet, à Paris.

***

1897-1900. ARNOUX (R.), Ingénieur-Constructeur, 16, rue de Berlin, à Paris.

1897-1900. BOCHET (A.), Chef du Service des Installations d'éclairage électrique à la Maison *Sautter, Harlé et Cie,* 14, rue de Passy, à Paris.

1897-1900. BONFANTE (F.), Ingénieur électricien, 271, boulevard Pereire, à Paris.

1897-1900. BONNEAU (H.), Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Chef de l'Exploitation adjoint des Chemins de fer de P.-L.-M., 21, boulevard Saint-Germain, à Paris.

1897-1900. BOVET (A. de), Directeur de la Compagnie du Touage de la Basse-Seine et de l'Oise, 63, quai Voltaire, à Paris.

1897-1900. BRANLY (Ed.), Docteur ès Sciences, 21, avenue de Tourville, à Paris.

1897-1900. CLAUDE (G.), Attaché à l'usine des Halles, 2, rue Bérulle, à Saint-Mandé.

1897-1900. CLÉRAC (A.), Directeur-Ingénieur des Télégraphes, 77, boulevard Brune, à Paris.

1897-1900. DARCQ (E.), Inspecteur général des Postes et des Télégraphes, 99, rue de Grenelle, à Paris.

1897-1900. JAVAUX (E.), Directeur des ateliers de la *Société Gramme,* 33, rue Clavel, à Paris.

1897-1900. LEBLANC (Maurice), 1, avenue de Boufflers, villa Montmorency, Paris-Auteuil.

1897-1900. LE CHATELIER, Ingénieur des Mines, 73, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.

1897-1900. PELLISSIER (Georges), 16, rue Singer, à Paris.

1897-1900. RECHNIEWSKI (W.), Ingénieur, 11, rue Lagrange, à Paris.

1897-1900. VUILLEUMIER (C.), Ingénieur électricien, 111, rue de la Folie-Méricourt, à Paris.

1897-1900. WALCKENAER (Ch.), Ingénieur des Mines, 218, boulevard Saint-Germain, à Paris.

Secrétaire du Comité.

SABOURAIN (J.-A.), Inspecteur des Télégraphes, 42 *bis*, rue du Four, à Paris.

DÉLÉGUÉS GÉNÉRAUX.

Département des Bouches-du-Rhône.

ROLANDO (G.-P.), Électricien, 19, rue de l'Étrieu, à Marseille.

Département de la Gironde.

VÈNE (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 17, rue Henri IV, à Bordeaux.

Département du Rhône.

CHARGNIOUX (Charles), Représentant de la *Société industrielle des Téléphones,* 31, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon.

Région du sud de la France.

JUPPONT (Pierre), Ingénieur-conseil, électricien, 55, allées Lafayette, à Toulouse (Haute-Garonne).

Belgique.

BANDSEPT (Albert), Ingénieur, Directeur-Gérant de la *Société anonyme franco-belge d'appareils d'éclairage,* 60, chaussée de Wavre, à Bruxelles.

Espagne.

N...

États-Unis.

HERING (Carl), Consulting Electrical Engineer, 927, Chesnut street, à Philadelphie, Pa. (U. S. A.).

Grande-Bretagne.

AYLMER (Richard), Ingénieur civil, M. Inst. C. E. 47, Victoria Street, Westminster, London S. W.

Pays-Bas.

GILTAY (J.-W.), Ingénieur électricien, successeur de Kipp et Zonen, 202, Oude Delft, à Delft.

Portugal.

CASTANHEIRA DAS NÈVES, Ingénieur, rua do Salitre, 405-3°, à Lisbonne.

Russie.

DUFLON (Louis), Ingénieur, Viborgskaïa Storona, neuchlotski pereoulok, 5, à Saint-Pétersbourg.

MEMBRES CORRESPONDANTS.

Allemagne.

WIEDEMANN (Dr G.), Professeur de l'Université, à Leipzig.

Belgique.

BANNEUX (J.), Ingénieur en chef, Directeur des Télégraphes, à Bruxelles.
GÉRARD (Éric), Directeur de l'Institut électrotechnique Montefiore, 43, rue Saint-Gilles, à Liége.
MENSBRUGGHE (Gust. van der), Professeur à l'Université de Gand, à Gand.
ROUSSEAU (E.), Professeur à l'Université libre et à l'École militaire, à Bruxelles.

États-Unis.

BARKER (George-F.), Université de Pensylvanie, à Philadelphie.
HERING (Carl), Consulting Electrical Engineer, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens,* 927, Chesnut street, à Philadelphie.

Espagne.

COMERMA (Andrès-A.), Inspecteur du Génie maritime, au Ferrol.

Grande-Bretagne.

FORBES (Professeur George), M. A., F. R. S., 34, Great George street, Westminster, London, S. W.
HUGHES (Professeur D.-E.), F. R. S., care of the London Joint Stock Bank, 69, Pall Mall, London, S. W.
Lord KELVIN (W. Thomson), F. R. S., the University Glasgow (Écosse).
PREECE (William-Henry), F. R. S., M. Inst. C. E., Gothic-Lodge, Wimbledon Surrey.
THOMPSON (Professor Sylvanus-P.), F. R. A. S.; B. A.; Morland Chrislett Road West Hampstead, London, N. W.

Italie.

CATTANEO (Commandeur Robert), Administrateur délégué della *Società di Monteponi,* 51, via Ospetale, à Turin.
DEMARCHI (Lamberto), Ingénieur, 65, via Napoli, à Rome.
SEMMOLA (Eugène), Professeur agrégé à l'observatoire du Vésuve, Professeur titulaire de Physique à l'Institut technique de Naples, 6, rue Trinita Maggiore, à Naples.

Pays-Bas.

BOSSCHA (J.), Secrétaire perpétuel de la Société hollandaise des Sciences, à Harlem.

KERKWYK (J.-J. van), Membre des États généraux, Conseiller des Télégraphes, Ingénieur civil, Administrateur du chemin de fer d'Anvers à Rotterdam, à La Haye.

Portugal.

CASTANHEIRA DAS NÈVES, Ingénieur, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens,* rua do Salitre, 405-3°, à Lisbonne.

PAIVA (Adrien de), Comte de Campo-Bello, Pair de Portugal, Professeur, Membre de l'Académie royale des Sciences de Lisbonne, etc., au château de Campo-Bello, à Gaya, près de Porto.

VIEGAS (Dr Antonio dos Santos), à Coïmbra.

Roumanie.

CANTACUZÈNE (J.-A.), 28, strada Cometa, à Bucarest.

Russie.

DRZEWIECKI (Stéphane), Ingénieur, 5, villa Damont, rue des Bauches, à Paris.

WELITCHKO (Filadelphe), Président de la 6e section (Électrotechnique) de la *Société impériale technique russe,* Lieutenant général de l'État-Major, à Saint-Pétersbourg.

Suisse.

BOREL (Dr François), Ingénieur, à Cortaillod.

ESCHBAECHER, Sous-Directeur du Bureau international des Administrations télégraphiques, à Berne.

WEBER (Dr H.-J.), Professeur, à Neumünster.

Turquie.

LACOINE (Emile), Conseiller électricien du Gouvernement, passage du Tunnel. A, Péra-Constantinople.

RAIF-EFFENDI, Conseiller-adjoint technique et Directeur de la fabrique des Télégraphes ottomans, à Constantinople.

COMMISSION DES COMPTES.

ARMENGAUD jeune, Ingénieur civil.

BERTHON (Louis-Alfred), Administrateur de la *Société industrielle des Téléphones.*

MASSON (Georges), Éditeur.

LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES

(Année 1898).

Les noms des Membres fondateurs sont suivis des lettres M. F.; ceux des Membres donateurs des lettres M. D.; ceux des Membres perpétuels (cotisations libérées), des lettres M. P.

N. B. — MM. les Membres sont priés de vouloir bien adresser au Secrétariat les corrections à introduire dans la présente liste.

Abdank-Abakanowicz, Ingénieur, 88, quai du Parc, à Saint-Maur (Seine). M. P.

Abel (Sir Frederic), C. B., F. R. S., 2, Witehall Court, London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.

Aboilard (Georges), 46, avenue de Breteuil, à Paris.

Abraham (Henri), Professeur au Lycée Louis-le-Grand, 46, rue Richer, à Paris. M. P.

Ackere (G. **van**), Constructeur électricien, 13, rue Esquermoise, à Lille (Nord). M. F.

Adams (William-Grylls), Professeur, F. R. S., 43, Camden Hill Square, London W. (Angleterre). M. F.

Albuquerque (Francisco **d'**), 80, rua de Rosario, à Porto (Portugal). M. F.

Alcaz (Eugène), ancien Élève de l'*École supérieure d'Électricité* de Paris, à Roman (Roumanie).

Alglave (Émile), 27, avenue de Paris, à Versailles (Seine-et-Oise). M. F.

Aliamet (Maurice), Chef du *Laboratoire électrotechnique au chemin de fer du Nord*, 23, rue Philippe-de-Girard, à Paris.

Allaire (Edmond), Sous-Inspecteur des Postes et des Télégraphes, 33 *bis*, rue Dutot, à Paris. M. F.

Alliot (R.), Ingénieur des Arts et Manufactures, fabricant de câbles électriques, 25 *bis*, rue Saint-Ambroise, à Paris.

Ameye (Camille), à Iseghem (Belgique). M. F.

Amsler-Lafon (J.), à Schaffhouse (Suisse). M. F.

Anastassiu (Jean-Ch.), Ingénieur, 97, calea Victorici, à Bucarest (Roumanie).

Andréani (Jacques-Lucien), Directeur de la *Société anonyme d'Électricité*, 39, avenue Marceau, à Courbevoie (Seine).

Andrieu (Ernest), Receveur, Chef de Centre du Dépôt télégraphique régional, à Montpellier (Hérault). M. F.

Andry-Bourgeois (Charles-Henri), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 2, rue de Clichy, à Paris.

Anney (Joseph-Paul), Ingénieur électricien, ancien Ingénieur des *Compagnies Edison, Ferranti, Patin* et *Parisienne de l'air comprimé*, 47, quai National, à Puteaux (Seine).

Archat (Paul), 49, avenue Parmentier, à Paris.

Arcos (Antoine de), Professeur à l'École Polytechnique, à Guatemala (Amérique centrale). M. F.

Arizpe (Rafael.-R.), Ingénieur électricien hydographe, Donato Guerra, 1252, à Mexico (Mexique).

Armagnat, Électricien, 20, rue Delambre, à Paris.

Armengaud aîné (Charles-Eugène), 21, boulevard Poissonnière, à Paris. M. F.

Armengaud jeune, Ingénieur civil, 23, boulevard de Strasbourg, à Paris. M. F. M. P.

Arno (Riccardo), Professeur au Musée industriel de Turin, à Turin (Italie).

Arnoux (René), ancien Ingénieur des ateliers de la *Maison Breguet*, Ingénieur-Conseil de la *Compagnie continentale Edison*, Ingénieur-Constructeur, 16, rue de Berlin, à Paris.

Arnoye (Léon), Professeur de Physique, 40, rue Gasseras, à Montauban (Tarn-et-Garonne). M. F.

Arsonval (Dr A. **d'**), Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France, Directeur du Laboratoire de Physique biologique, 28, avenue de l'Observatoire, à Paris. M. F.

Artimini (Antonius), villa Artimini, à Firenze (Italie). M. F.

Attainville (Dr Roger **d'**), 7, rue Brunel, à Paris.

Aubert (Auguste-Jean-Jacques), Fabricant d'horlogerie, constructeur du Compteur d'électricité, *système A. Aubert*, 7, place Saint-François, à Lausanne (Suisse).

Aubert (Pierre-Edmond), Sous-Chef des travaux à l'*École supérieure d'Électricité*, 10, rue de Bagneux, à Paris.

Aubineau (J.), Administrateur de la *Société des câbles électriques*, 23, rue du Cherche-Midi, à Paris. M. F.

Aubout (Léon), Fabricant de zincs pour piles et de fournitures pour sonneries électriques, 28, rue Debelleyme, à Paris. M. F.

Augé (Daniel), Ingénieur électricien, 24, rue des Ardennes, à Paris.

Avenarius (M.), Professeur à l'Université de Kief (Russie). M. F.

Avril (R.), Ingénieur électricien, 30, boulevard Voltaire, à Paris. M. F.

Avril de Gastel (Émile), Ingénieur civil (E. C. P.), Ingénieur du matériel à la *Compagnie du Touage de la basse Seine et de l'Oise*, 135, boulevard Magenta, à Paris.

Aylmer (Richard) Ingénieur civil, M. Inst. C. E., Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 47, Victoria street, Westminster, London S. W. (Angleterre).

Azaria, Ingénieur, 5, rue Boudreau, à Paris.

Babillot (Gabriel), Ingénieur, Constructeur-Mécanicien, 26, rue de la Briche, à Saint-Denis (Seine). M. F.

Bablon (V.), 42, rue Boulard, à Paris. M. F.

Baboulet (Germain-L.-M.), Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes, à Besançon (Doubs).

Badon-Pascal (Georges), Directeur de la *Société nantaise d'éclairage et de force par l'électricité*, 6, rue du Calvaire, à Nantes (Loire-Inférieure).

Baechler (André), Ingénieur, Inspecteur des Travaux techniques du Service d'architecture du département de la Seine, au Tribunal de Commerce, à Paris.

Baechler (Joseph), Ingénieur à la *Compagnie continentale Edison*, 134, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris.

Bähr (Georges-Martin-Victor), Chef du Bureau des services électriques du *Chemin de fer du Nord,* 11, rue de la Gare, à Eaubonne (Seine-et-Oise).

Baille (J.-B.), Répétiteur à l'École Polytechnique, 26, rue Oberkampf, à Paris. M. F. M. P.

Bailly (Émile-Victor), Agent des Travaux mécaniques de la *Compagnie parisienne du Gaz,* 20, rue de Bruxelles, à Paris.

Bainville (Auguste-Henri), Directeur gérant de la *Société A. Bainville et Cie,* à Arques-la-Bataille (Seine-Inférieure).

Bancelin (Edme-Henry), Administrateur délégué de la *Société française de l'Accumulateur Tudor*, 21, rue Le Verrier, à Paris.

Bandsept (Albert), Ingénieur, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, Directeur-Gérant de la *Société anonyme franco-belge d'appareils d'éclairage,* 60, chaussée de Wavre, à Bruxelles (Belgique). M. F. M. P.

Banneux (J.), Ingénieur en chef, Directeur des Télégraphes, à Bruxelles (Belgique). M. F.

Baour (Emmanuel-D.), 39, cour du Pavé-des-Chartrons, à Bordeaux (Gironde). M. F.

Bapst (Henri), 22, route de Croissy, au Vésinet (Seine-et-Oise).

Baraguey (Lucien), Négociant, à la Neuve-Lyre (Eure).

Barbet, Ingénieur, 57, rue de l'Université, à Paris.

Barbey (Lucien), Ingénieur-Chimiste, Directeur du Laboratoire de la *Compagnie des chemins de fer de l'Est,* 28, rue Philippe-de-Girard, à Paris. M. F.

Barbier (F.), Ingénieur, Constructeur de phares électriques, 82, rue Curial, à Paris. M. F.

Barbier (Robert-Paul), *de la Maison Lepère et Barbier*, 125, avenue de Villiers, à Paris.

Bardon (Louis), 61, boulevard National, à Clichy (Seine).

Bardot (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur de la *Société anonyme des Forges et Fonderies de Montataire,* Fabricant de produits chimiques, 19, passage Duranton, à Paris.

Bardy (Ch.), Directeur du Laboratoire au Ministère des Finances, 26, rue du Général-Foy, à Paris. M. P.

Barillet (Léon-Fernand), Ingénieur civil, 6, avenue de la Motte-Picquet, à Paris.

Barker (George-F.), Université de Pensylvanie, à Philadelphie (U. S. A.). M. F. M. P.

Baron (H.), Directeur honoraire à l'Administration des Postes et des Télégraphes, 18, avenue de Labourdonnais, à Paris. M. F.

Barrière (Just-Gustave-Camille), Ingénieur, Usine M. A. O., à Podolsk, Gouvernement de Moscou (Russie).

Barrière (E.), Directeur gérant d'usines à gaz, Membre de la *Société technique de l'Industrie du gaz en France,* à Gournay-en-Bray (Seine-Inférieure).

Bary (Paul), Ingénieur physicien, 5, rue Gay-Lussac, à Paris.

Basquin (Jules), Ingénieur à la Société *La Métallurgique,* 1, place de Louvain, à Bruxelles (Belgique).

Bassée-Crosse, Fabricant d'instruments de Physique, 92, rue de Bondy, à Paris.

Bassez (Gaston), Chef de laboratoire à la *Société industrielle des Téléphones*, aux *usines Rattier,* à Bezons (Seine-et-Oise).

Baudelle (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, 51, rue Thiers, à Troyes (Aube). M. F.

Baudet (Louis), fabricant de bijouterie, au Moulin à Tan, à Châteaudun (Eure-et-Loir).

Baudot (Émile), Ingénieur des Télégraphes, 1, rue Littré, à Paris. M. F.

Baudoux-Chesnon (Lucien-Léon), Licencié ès Sciences physiques, Ingénieur des Art et Manufactures, Fabricant de papiers, à Port-Marly (Seine-et-Oise).

Baudry (Charles), Ingénieur civil, Agent général du Service électrique et des moteurs de MM. Japy frères et Cie, Officier d'Académie, à Beaucourt (territoire de Belfort).

Baume-Pluvinel (Aymar **de la**), 17, rue de Constantine, à Paris. M. F. M. P.

Bayette (Lucien), Ingénieur électricien, 59, rue Ramey, à Paris.

Bazille (Albert), Ingénieur des Télégraphes, à Lille (Nord).

Beau (Henri), 226, rue Saint-Denis, à Paris. M. F.

Beaufils (Magloire-François), Inspecteur des Postes et des Télégraphes en retraite, à Gavray (Manche). M. F.

Becker (Barthélemy-Joseph), Constructeur électricien, 71, rue de Bourgogne, à Paris.

Becquerel (Henri), Membre de l'Institut, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École Polytechnique et au Muséum, 6, rue Dumont-d'Urville, à Paris. M. F.

Bede (Émile), Ingénieur civil, ancien Professeur à la Faculté des Sciences et à l'École des Mines de Liége, 37, rue Philippe-le-Bon, à Bruxelles (Belgique). M. F.

Béglet (Armand), Propriétaire, à Corbeil (Seine-et-Oise).

Bellens (Charles), Ingénieur, 111, boulevard de Magenta, à Paris.

Bellot (Arsène-Henri), Sous-Archiviste au Conseil d'État, 41, rue Saint-Ferdinand, à Paris. M. F.

Bélugou (Victor), Ingénieur des Télégraphes, 103, rue de Grenelle, à Paris.

Bénard (Louis-Gabriel), Constructeur électricien, 12 et 14, rue Bridaine, à Paris.

Bérard, Lieutenant de vaisseau, 26, rue Mirabeau, à Toulon (Var).

Berger (C.), 22, rue Royale, à Paris. M. F.

Berger (Georges), Député, Ex-Commissaire général de l'*Exposition internationale d'Électricité de Paris en* 1881, Ex-Directeur général de l'Exploitation de l'*Exposition universelle de* 1889, Membre du Conseil de perfectionnement du Conservatoire national des Arts et Métiers, Administrateur délégué de la *Maison Breguet*, 8, rue Legendre, à Paris. M. F. M. D. M. P.

Bergès (Gabriel), Constructeur-Électricien, *Maison Bisson, Bergès et Cie*, 8, rue de Rocroy, à Paris.

Bergès (Aristide), Fabricant de papiers, propriétaire de la station d'éclairage dans la vallée du Grésivaudan, à Lancey, commune de Villard-Bonnot, arrondissement de Grenoble (Isère).

Berget (Alphonse), Docteur ès Sciences, attaché au Laboratoire des Recherches physiques de la Sorbonne, Secrétaire de la *Société française de Physique*, 16, rue de Vaugirard, à Paris. M. F.

Bergon, ancien Directeur du matériel et de la construction, au Ministère des Postes et des Télégraphes, 56, rue Madame, à Paris. M. F.

Bergonié (Jean-Alban), Professeur à la Faculté de Médecine de Bordeaux, Directeur des *Archives d'Électricité médicale*, 6 *bis*, rue du Temple, à Bordeaux (Gironde).

Bernard (Adrien-Louis), Ingénieur, Constructeur-Électricien, *Maison Deligny et Bernard*, 69, boulevard Saint-Michel, à Paris.

Bernard (F.), 28, rue de la Côte-Saint-Thibault, à Bois-Colombes (Seine). M. F.

Berne (Joseph-Marie), Fabricant de Charbons artificiels pour l'électricité, 57, avenue du Maine, à Paris.

Bernheim (Edmond), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur délégué de la

Société d'Applications Industrielles, Administrateur de la *Société Industrielle des Téléphones,* de la *Compagnie des Établissements Lazare Weiller,* de la *Société d'Électricité Alioth Buire* et de la *Compagnie industrielle de Traction pour la France et l'étranger,* bureaux : 46, rue de Provence; domicile : 18, rue Pierre-Charron, à Paris.

Berthon (Louis-Alfred), Administrateur de la *Société Industrielle des Téléphones,* 51, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris. M. F.

Bertolus (Charles), Ingénieur électricien, Applications industrielles de l'électricité, fabricant de carbure de calcium, à Bellegarde (Ain).

Bertou (Camille), 11, rue de Saint-Pétersbourg, à Paris. M. F.

Bertrand (Émile-Louis), Ingénieur du matériel de la *Compagnie française des voies ferrées économiques,* 117, avenue de Clichy, à Paris.

Besson (Léon), ancien Officier de Marine, Sous-Chef de l'Exploitation à la *Compagnie générale transatlantique,* 6, rue Auber, à Paris.

Betts (Walter), Directeur et Électricien de la *Compagnie française des câbles télégraphiques,* à Saint-Pierre-Miquelon. M. F.

Bidet (Victor-Alphonse), Ingénieur civil des Mines, 20, quai de la Mégisserie, à Paris. M. P.

Bidwell (Shelford), M. A., F. R. S., Riverstone Lodge, Wandsworth, London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.

Binder (Henri-Léon), 49, rue Ampère, à Paris.

Binet (Ludovic), A. I. E. E. Service technique de la Télégraphie, à la *Compagnie des chemins de fer de l'Ouest,* 7, villa des Couronnes, à Asnières (Seine). M. F.

Bischoffsheim (R.), 3, rue Taitbout, à Paris. M. F.

Bizot (Joseph), Receveur des Postes et des Télégraphes en retraite, 35, rue de France, à Gap (Hautes-Alpes. M. F.

Blakesley (Thomas-Holmes), M. A., M. Inst. C. E., Honorary Secretary of the *Physical Society of London,* 3, Eliot Hill, Lewisham, London, S. E. (Angleterre).

Blanc (Édouard), Directeur de la *Société suisse pour la construction d'accumulateurs électriques,* à Marly-le-Grand (Suisse).

Blanche (Georges-Joseph-Émile), Directeur commercial de la *Société électrique du Nord,* à Roubaix (Nord).

Blanchet (Hector-Augustin), Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de papiers, *Maison Blanchet frères et Kléber,* à Rives (Isère).

Blanchon, Ingénieur, Directeur de la *Société Tudor,* 39, route d'Arras, à Lille (Nord).

Blazy (Albert), 15, rue de Turbigo, à Paris.

Blétry (Constant), Ingénieur civil, 2, boulevard de Strasbourg, à Paris. M. F.

Bloch (Dr Adolphe), 24, rue d'Aumale, à Paris.

Blondeau (Jules), Électricien, 19, passage Gourdon, à Paris.

Blondel (André-Eugène), Ingénieur des Ponts et Chaussées, attaché au Service central des Phares, Professeur d'électricité appliquée à l'École nationale des Ponts et Chaussées, 2, boulevard Raspail, à Paris. M. P.

Blondel (Louis-André), Constructeur, 49, boulevard Ducange, à Amiens (Somme).

Blondin (J.), Professeur au Collège Rollin, Directeur scientifique du journal *l'Éclairage électrique,* 171, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris.

Blot (Georges-René), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur délégué de la *Compagnie des Accumulateurs électriques Blot,* 39 *bis*, rue de Châteaudun, à Paris.

Bloxham (Edgar), M. I. E. E., Ingénieur électricien, 1, rue de Compiègne, à Paris.

Bochet (Adrien-Claude-Antoine-Marie), Chef du Service des installations d'Éclairage électrique à la *Maison Sautter, Harlé et Cie*, 14, rue de Passy, à Paris.

Bocquentin, Directeur des Télégraphes en retraite, 2, Grande-Route, à Nice (Alpes-Maritimes). M. F.

Boireaux, Lieutenant de vaisseau en retraite, à Herblay (Seine-et-Oise). M. F.

Boissoudy (Adrien **de**), Architecte, 83 *bis*, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.

Boistel (Ernest), ancien Directeur général de la *Société l'Éclairage électrique*, Expert près le tribunal de la Seine, 112, rue Blomet, à Paris. M. F.

Bonaparte (Prince Roland), 10, avenue d'Iéna, à Paris.

Bonetti (Louis), Constructeur électricien, 69, avenue d'Orléans, à Paris.

Bonfante (F.), Ingénieur électricien, 271, boulevard Pereire, à Paris. M. F.

Bonnaffé (Lucius), à Lacaune, par Castres (Tarn). M. F.

Bonneau (Henri), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Chef de l'Exploitation adjoint des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, 21, boulevard Saint-Germain, à Paris.

Bonnefis (L.), à Valence d'Agen (Tarn-et-Garonne). M. F.

Bonnet (Enrique), Sagasta, 8, à Cadix (Espagne). M. F.

Bonnet (Joseph), Ingénieur des Arts et Manufactures, 240, rue de Rivoli, à Paris.

Borderel (Jean), Constructeur, 135, rue de Clignancourt, à Paris.

Bordet (Lucien), ancien Inspecteur des Finances, Administrateur de la *Compagnie des Forges de Châtillon-Commentry*, 181, boulevard Saint-Germain, à Paris. M. P.

Borel (Dr François), Ingénieur, à Cortaillod (Suisse). M. F.

Borges (F.-Julio), Agronome, Rédacteur secrétaire de l'*Agricultura contemporanea*, 30, calcada d'Ajuda, à Lisbonne (Portugal). M. F.

Borrel (Georges-Arsène), Horloger mécanicien électricien, 47, rue des Petits-Champs, à Paris.

Bosscha (J.), Secrétaire perpétuel de la *Société hollandaise des Sciences*, à Harlem (Pays-Bas). M. F.

Bouchède (Jean), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, à Auch (Gers).

Boucher (Ant.), Ingénieur, à Prilly, canton de Vaud (Suisse).

Boucherot (Paul), Ingénieur Conseil, 44, rue Laugier, à Paris.

Bouchet (Maurice-René), Ingénieur des Arts et Manufactures, 22, rue Alphonse-de-Neuville, à Paris.

Bouchon, Ingénieur à la *Société électrique*, 56, rue de la Victoire, à Paris.

Bouilhet (Ch.-H.), Ingénieur manufacturier, 56, rue de Bondy, à Paris.

Bouillard (Georges-Léon-Émile), Ingénieur des Arts et Manufactures, Inspecteur adjoint à l'Inspecteur principal de l'Exploitation au chemin de fer du Nord, à Lille (Nord).

Boulanger (Julien), Chef de bataillon du Génie, Chef du dépôt central de la Télégraphie militaire, 25, boulevard du Montparnasse, à Paris.

Boulardet (Émile-Louis), Ingénieur, à Champs-sur-Marne (Seine-et-Marne).

Boulloche (Alfred **de**), 6, rue des Petits-Hôtels, à Paris.

Bouquet (Robert-P.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 25, rue de l'Avenir, à Asnières (Seine).

Bour (Paul), Ingénieur en chef de la *Société pour la transmission de la force par l'Électricité*, 13, rue Lafayette, à Paris.

Bourdin (Charles-Louis), 13, avenue de la République, à Paris. M. F.

Boursault (Henri-Alexandre-Octave), Chimiste au *Chemin de fer du Nord,* 10, rue Stephenson, à Paris. M. F.

Bouts (Étienne-Alfred), Ingénieur civil, Directeur de la *Station centrale d'électricité d'Argelès-de-Bigorre,* 41, rue Bayard, à Toulouse (Haute-Garonne).

Bouvarel (Lucien), Électricien, à Saint-Antoine (Isère).

Bouvier (Ad.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Licencié ès sciences physiques, Ingénieur éclairagiste, 25, avenue de Noailles, à Lyon (Rhône).

Bouvier (Henri-Désiré), Commis des Télégraphes, 36, rue Cler, à Paris.

Bovet (A. de), Directeur de la *Compagnie du touage de la Basse-Seine et de l'Oise,* 33, quai Voltaire, à Paris.

Braby (Frédéric), F. G. S., Bushey Lodge, Teddington, London W. (Angleterre). M. F.

Brachet (Henri), Ingénieur électricien, 12, rue Lesueur, à Paris. M. F.

Brachotte (Arsène-Victor), Ingénieur à la Maison *Hillairet-Huguet,* 2, rue Provôt, à Paris.

Brait de la Mathe (Étienne-Gaston), de la Maison *B. de la Mathe et Cie,* usine de Gravelle, à Saint-Maurice (Seine).

Brancion (Louis-Marie-Josseran **de**), Ingénieur, 96, rue du Château, à Asnières (Seine).

Branly (Édouard), Dr ès Sciences, Dr en Médecine, 21, avenue de Tourville, à Paris. M. F.

Brault (Camille), Ingénieur civil des Mines, 39, rue de l'Arcade, à Paris.

Bravet (L.), 3, rue des Archers, à Lyon (Rhône).

Brémont (Henri-Georges), ancien élève de l'École Centrale et de l'École supérieure d'Électricité, Ingénieur à la Maison *Sautter, Harlé et Cie,* 5, rue Claude-Bernard, à Paris.

Brenier (Casimir), Constructeur mécanicien, 20, avenue de la Gare, à Grenoble (Isère).

Bresson (L.), Ingénieur électricien, 143, avenue de Saxe, à Lyon (Rhône). M. F.

Brillié (Lucien-Victor), Ingénieur électricien, 93, route de la Barre, à Enghien (Seine-et-Oise).

Brillouin (André), Ingénieur, 19, rue de Lafayette, à Paris.

Brison (Henri-Louis), Directeur de la *Société d'entreprises électriques,* 12, rue du Jura, à Genève (Suisse).

Brix (Dr Ph.-Wilhelm), Ingénieur des Télégraphes R. P. A., à Charlottenburg, près de Berlin (Allemagne). M. F.

Brocq, Ingénieur des Arts et Manufactures, Sous-Directeur de la *Compagnie des Compteurs et Matériel d'usines,* 18, boulevard de Vaugirard, à Paris.

Brout (Lucien-Édouard), Électricien, 34, rue des Vinaigriers, à Paris.

Brugnaud, Contrôleur des Télégraphes en retraite, 63, rue Pasteur, à Dôle (Jura).

Bruhl (Paul), Négociant, 57, rue de Châteaudun, à Paris.

Brüll (Achille), Ingénieur civil, ancien Président de la *Société des Ingénieurs civils,* 117, boulevard Malesherbes, à Paris.

Brunswick (Ernest-Jacques-Léon), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du Service électrique de la *Maison Breguet,* 75, rue Didot, à Paris.

Brylinski (Émile), ancien Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes, Secrétaire général de la *Société anonyme d'Éclairage électrique* du secteur de la place Clichy, 3, rue Édouard-Detaille, à Paris.

Buffet (Ernest), Ingénieur, 31, rue Boissy-d'Anglas, à Paris.

Burton (Charles), Chef des ateliers à l'usine des tramways d'Oullins, 29, quai de la Guillotière, à Lyon (Rhône).

Cabirau (Henri-François), Administrateur délégué de la *Compagnie française de charbons pour l'Électricité,* 53, rue de Châteaudun, à Paris.

Cabral (Paulo-Benjamin), Inspecteur général des Télégraphes du Portugal, Professeur d'Électrotechnie à l'Institut industriel de Lisbonne, 20, rua do Duque de Bragança, à Lisbonne (Portugal).

Cadiot (E.-H.), Constructeur électricien, 12, rue Saint-Georges, à Paris. M. F.

Cadiou (Félix), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, à Alger (Algérie). M. F.

Cailhava (Édouard), Ingénieur civil, 8, cours de Gourgues, à Bordeaux (Gironde).

Cailho, Ingénieur des Télégraphes, 111, rue Mozart, à Paris. M. P.

Cailleret (Henry), Inspecteur principal des Postes et des Télégraphes, 21, avenue de Tourville, à Paris. M. F.

Calvé (Fernand-Christophe), Ingénieur des Arts et Manufactures, 31, rue Boissière, à Paris.

Caméré (A.), Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, 17, rue d'Aligre, à Chatou (Seine-et-Oise). M. F.

Camproger (Maurice), Ingénieur électricien, Secrétaire du Conseil d'administration de la *Compagnie générale de Travaux d'Éclairage et de Force*, 238, rue du Faubourg-Saint-Honoré, à Paris.

Cance (Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, 117, rue Lafayette, à Paris.

Cance (Alexis), Ingénieur électricien, 5, rue Saint-Vincent-de-Paul, à Paris.

Canet (J.-B.-Gustave-Adolphe), Directeur de l'*Artillerie de MM. Schneider et Cie,* 1, boulevard Malesherbes, à Paris. M. P.

Cantacuzène (J.-A.), 28, strada Cometa, à Bucarest (Roumanie). M. F.

Caplain (Frédéric), Industriel, 10 et 12, rue Portefoin, à Paris.

Cardot (Abel), Président du Tribunal civil de première instance, à Sidi-Bel-Abbès (Algérie). M. F.

Carpentier (J.), ancien Ingénieur des Manufactures de l'État, successeur de Ruhmkorff, 34, rue du Luxembourg, à Paris. M. F. M. D. M. P.

Casalonga (D.-A.), Ingénieur civil, Directeur de la *Chronique industrielle,* 15, rue des Halles, à Paris. M. F.

Cassin (Marie-Auguste-Eugène), Ingénieur civil des Mines, chargé du Service électrique au Crédit Lyonnais, 99, rue de Rennes, à Paris.

Castan (Adrien), Ingénieur civil, à Montauban (Tarn-et-Garonne). M. F.

Castanheira das Neves, Ingénieur, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens,* rua do Salitre, 405-3°, à Lisbonne (Portugal). M. F.

Castel (R.-L.), Ingénieur, 47, cours de Vincennes, à Paris.

Cattaneo (commandeur Robert), Administrateur délégué della *Società di Monteponi,* 51, via Ospétale, à Turin (Italie). M. F.

Cedergren (Henrik-Thore), Directeur de la *Société générale des Téléphones,* à Stockholm (Suède).

Chabert (Léon), 3, place Victor-Hugo, à Paris. M. F.

Chabrier (E.), Administrateur de la *Compagnie générale transatlantique*, 96, boulevard Haussmann, à Paris. M. F.

Chaligny (Gabriel-Joseph), Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur-Mécanicien, 54, rue Philippe-de-Girard, à Paris.

Chalufour (Achille), Ingénieur, rue Cousin-Despréaux, à Dieppe (Seine-Inférieure).

Chambost (Pierre-Jules-Eugène-Édouard), Chef de fabrication de la *Société des générateurs Serpollet*, villa Clodion, cité Bory, au Perreux (Seine).

Chambre (Alan), M. I. C. E., Coniston Tunbridge Wells (Angleterre). M. F. M. P.

Chambrelent (Alphonse), Ingénieur à la *Compagnie parisienne du Gaz*, 7, rue Gounod, à Paris.

Chameroy (Hippolyte), Électricien, 89, avenue Centrale, au Vésinet (Seine-et-Oise). M. F.

Chamon (Gabriel), Administrateur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 31, rue Claude-Vellefaux, à Paris.

Chanson (Léopold), à Condom (Gers). M. F.

Chapat (Charles), Directeur d'usines à gaz, Secrétaire du Sous-Comité de Marmande à l'Exposition de 1900, Juge au tribunal de Commerce, à Marmande (Lot-et-Garonne). M. P.

Chaperon (Charles-Émile), Ingénieur, Chef de division aux chemins de fer P.-L.-M., 11, rue Roquépine, à Paris. M. F.

Chapsal (François-Jules), Ingénieur des Services techniques de l'exploitation de la *Compagnie des chemins de fer de l'Ouest*, 3, place des Batignolles, à Paris.

Chardin (Charles), Ingénieur électricien, 5, rue de Châteaudun, à Paris.

Chardonnet (comte Hilaire **de**), ancien élève de l'École Polytechnique, 43, rue Cambon, à Paris.

Chargnioux (Charles), Représentant de la *Société industrielle des Téléphones*, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 31, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône).

Charlon (Julien), 81, rue d'Amsterdam, à Paris.

Chassevent (Henry-Marie-Camille), Ingénieur des Arts et Manufactures, 11, boulevard de Magenta, à Paris. M. F.

Chatard (A.), Administrateur de la *Compagnie continentale Edison*, 40, rue de Berlin, à Paris.

Chaufour (Eugène), Ingénieur électricien, E. C. P., 11, rue de la Boétie, à Paris.

Chaumat (Henri), Chef de travaux à l'*École supérieure d'Électricité*, 4, rue Bertrand, à Paris.

Chaussenot (Henri), Ingénieur électricien, Directeur de la *Compagnie Électro-Mécanique*, 11, rue Duperré, à Paris.

Chauvassaignes, Ingénieur des Postes et des Télégraphes, Château de Mirefleurs, les Martres de Veyre (Puy-de-Dôme). M. F. M. P.

Chauvelon, Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).

Chauvin (Raphaël), Constructeur d'appareils électriques, 186, rue Championnet, à Paris.

Chaye (Théophile-Joseph-Eugène), ancien Officier de Marine, Ingénieur torpilleur en chef de la Grande Maîtrise de l'Artillerie, 4, passage du Tunnel, à Péra-Constantinople (Turquie).

Chêneau (Emmanuel), Directeur de l'Agence générale française de la *Nepera Chemical C°*, 8, rue Martel, à Paris.

Chéron (J.), Lieutenant de vaisseau, commandant l'aviso-torpilleur *La Bombe*, à Constantinople (Turquie).

Cheronnet (Maurice), Ingénieur des Arts et Manufactures, 132, avenue de Wagram, à Paris.

Chertemps (Charles), Ingénieur, 45, rue de Sèvres, à Paris.

Cheswright (Henry-Tyrer), 32, quai de Vaise, à Lyon (Rhône).

Cheux (Pierre-Antoine-Marie), ex-Pharmacien major de l'armée, Officier de la Légion d'Honneur, 9, avenue de Paris, à Châtillon-sous-Bagneux (Seine). M. F.

Chevrier (Louis-Georges), Ingénieur à l'*Usine centrale du Secteur électrique de la rive gauche de Paris*, 41, quai d'Issy, à Issy-les-Moulineaux (Seine).

Cheylus, Directeur de l'Office des Postes et des Télégraphes de la Régence de Tunis, à Tunis (Tunisie). M. F.

Choquet (Albert-Louis-François), Commis auxiliaire des Postes et des Télégraphes, à Laigle (Orne).

Choquette (abbé C.-P.), Professeur de Physique, à Saint-Hyacinthe (Canada). M. F.

Choubry (Eugène), Négociant en vins, à Avize (Marne). M. F.

Chrétien (Paul-Charles), Inspecteur de l'éclairage électrique de la Ville de Paris, 15, rue de Boulainvilliers, à Paris.

Christofle (Paul), 56, rue de Bondy, à Paris. M. F.

Cini (Giuseppe), Ingénieur électricien, Piezza, S. S., Piétro, E. Lino, 4, à Milan (Italie).

Clamond (C.), Ingénieur électricien, 15, rue Picot, à Paris. M. F.

Claret (J.), Entrepreneur de Travaux publics et d'Électricité, 87, rue de Paris, aux Lilas (Seine).

Clark (Latimer), F. R. S., M. Inst. C. E., 11, Victoria Street, London (Angleterre). M. F. M. P.

Claude (Georges), Attaché à l'*usine des Halles*, 2, rue de Bérulle, à Saint-Mandé (Seine).

Clausonne (Alfred de), Ingénieur, 131, boulevard Malesherbes, à Paris.

Cleghorn (John), 3, Spring Gardens, London S. W. (Angleterre). M. F.

Clémenceau (Paul-Émile-Benjamin), Ingénieur de *MM. Schneider et Cie* (*Artillerie Schneider-Canet*), Répétiteur du Cours d'Électricité à l'École Centrale des Arts et Manufactures, 84, rue de Longchamps, à Paris.

Clémançon (Édouard), Ingénieur, Président de la *Compagnie générale de travaux d'Éclairage et de Force*, 23, rue Lamartine, à Paris.

Clérac (Hippolyte), Directeur-Ingénieur des Télégraphes, 77, boulevard Brune, à Paris. M. F.

Clerc (François-Alexandre-Amédée), Ingénieur Conseil des *Hauts Fourneaux de Saint-Louis-Marseille*, 38, rue du Bac, à Paris.

Clerc (Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef de l'Exploitation du *Secteur Edison*, 8, rue du Faubourg-Montmartre, à Paris. M. F.

Clifton (Robert-Bellamy), F. R. S., Professor of experimental Philosophy in the University of Oxford, 3, Bardwell road, Banbury road, Oxford (Angleterre). M. F. M. P.

Clossot (Émile), Ingénieur, 26, rue Saint-Jean, à Bruxelles (Belgique). M. F.

Cochery (Adolphe), Sénateur, 38, avenue d'Iéna, à Paris. M. F. M. H.

Coincy (Léon de), 9, avenue de l'Opéra, à Paris.

Coiseau (L.), Ingénieur civil, 120, avenue des Champs-Élysées, à Paris. M. F. M. P.

Colin (Jean-Baptiste), Contremaître électricien de la *maison Sautter, Harlé et Cie*, 29, rue Chevert, à Paris.

Colin (Louis-Victor), Administrateur-Gérant de l'ancienne Maison Godin, *Société du Familistère de Guise, Colin et Cie*, à Guise (Aisne).

Collette (J.-M.), Ingénieur en Chef, Directeur du service technique des Télégraphes des Pays-Bas, à La Haye (Pays-Bas). M. F.

Colusse (Edmond-Magloire), Électricien, 12, rue Victor-Hugo, à Suresnes (Seine).

Comerma (Andrés-A.), Inspecteur du Génie maritime, au Ferrol (Espagne). M. F.

Compagnie houillère (le Directeur de la), à Bessèges (Gard). M. F.

Constantinowitch (Apollon-Wassiliewitch), Ingénieur technologue, Morosseïka, *Maisons Leonof*, à Moscou (Russie).

Conti (A.-E.), Électrotechnicien, via Saint-Ugon, 4, à Gênes (Italie). M. F.

Corbin (Paul), Industriel, ancien Élève de l'École Polytechnique, à Chedde, par Salanches (Haute-Savoie).

Cordeiro (José), Fabrica de Lagôa (Açores).

Cornet (J.), 18, rue Rodier, à Paris.

Cornu (Marie-Alfred), Membre de l'Institut, 9, rue de Grenelle, à Paris.

Cornuault, Directeur de la *Compagnie du Gaz de Marseille*, ancien Président de la *Société technique de l'Industrie du gaz en France*, 6, rue Le Peletier, à Paris.

Cosmovici (Alexandre-C.), Ingénieur E. C. P., Ingénieur en chef, Sous-Chef du Service de la traction des Chemins de fer de l'État Roumain, à Bucarest (Roumanie). M. F.

Cosmovici (Léon-C.), Professeur à l'Université de Jassy, strada Codresen, n° 11, à Jassy (Roumanie). M. F.

Costa (Joseph), Ingénieur-Expert, 13, rue Estelle, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Cottard (Jean-Baptiste), Ingénieur électricien, 30, rue de la Chaise, au Creusot (Saône-et-Loire).

Coulon (R. de), Ingénieur-électricien, Fabrica Uruguay-Concordia (entre Rios) (République argentine). M. F. M. P.

Courjon (Dr A.), à Meyzieu (Isère). M. F.

Courquin (abbé Art.-J.), Professeur de filature à l'*École industrielle*, à Tourcoing (Nord). M. F.

Courtel (abbé Léopold-Marie), aumônier à Chaudebeuf, par Saint-Hilaire-des-Landes (Ille-et-Vilaine). M. F.

Courtois (Louis), Ingénieur de la *Compagnie R. asturienne*, à Auby-lès-Douai, par Flers-Dorignies (Nord). M. F.

Cousin (Émile-Félix), Ingénieur à la *Compagnie d'Éclairage électrique du Secteur des Champs-Élysées*, 10, rue de Strasbourg, à Paris.

Couteux (Léon), 57, rue des Archives, à Paris. M. F.

Couvreux (Abel), 78, rue d'Anjou, à Paris.

Crapon (Denis), ancien Élève de l'École Polytechnique, Expert près le Tribunal civil, 2, rue des Farges, à Lyon (Rhône). M. F.

Cribier (Marcel), Industriel, 77, rue du Faubourg-Saint-Denis, à Paris.

Criquebeuf (Édouard-Gaston), Ingénieur électricien à l'*Usine des Lampes homogènes françaises*, 19, rue Didot, à Paris.

Croizier (A.-H.), Ingénieur civil, Agent commercial de la *Société industrielle des Moteurs électriques et à vapeur*, 38, rue de Laborde, à Paris.

Crompton (R.-E.), Électricien, à Chelmsford, comté d'Essex (Angleterre). M. F.

Crova (André), Professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier, 14, rue du Carré-du-Roi, à Montpellier (Hérault). M. F.

Cuau (Charles), Élève à l'École nationale supérieure des Mines, 137, boulevard de Magenta, à Paris.

Curie (Pierre), rue des Sablons, à Sceaux (Seine). M. F.

Damien (B.-C.), Professeur à la Faculté des Sciences de Lille, à Lille (Nord).

Daniell (Francis-W.-B.), M. I. E. E., oare of M. M. Hickie, Borman et C[ie], 14, Waterloo Place Pall Mall, London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.

Darcq (E.), Inspecteur général des Postes et des Télégraphes, 99, rue de Grenelle, à Paris. M. F.

Dareste de la Chavanne (Edmond-Charles-Cléophas), ancien Élève de l'École supérieure d'Électricité, promotion 1897, 10, boulevard Raspail, à Paris.

Daries (Aristide), Ingénieur électricien, 34, rue Montpensier, à Pau (Basses-Pyrénées). M. F.

Darlu de Roissy, Ingénieur, 94, rue Jouffroy, à Paris.

Darrieus (G.), Lieutenant de vaisseau, 1, rue Peiresc, à Toulon (Var).

David (Louis-Alexandre), Ingénieur de la *Société toulousaine d'Électricité*, 64, rue Pargaminières, à Toulouse (Haute-Garonne).

Debeauve (Paul), 142, boulevard Raspail, à Paris. M. F.

Debièvre-Labbé (Alfred-Louis-Joseph), Électricien, 52, rue Jean-Bart, à Lille (Nord).

Debionne (Emile), Ingénieur des Arts et Manufactures, Inspecteur des Services électriques de la Compagnie du chemin de fer du Nord, à Saint-Quentin (Aisne).

Decamps (Georges), 5, rue de l'Aqueduc, à Paris.

Decaux, Directeur des teintures des Manufactures nationales des Gobelins et de Beauvais, 107, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.

Dehenne (Georges), Ingénieur civil (E. C.), 36, rue Saint-Didier, à Paris. M. F.

Déjardin (Jules-Adrien), Horloger-Mécanicien-Électricien, Compteurs d'énergie électrique, appareils de précision, passage Meslay, 25, boulevard Saint-Martin, à Paris.

Delage, Lieutenant de vaisseau, Commandant du bateau sous-marin *Gustave-Zédé*, à Toulon (Var).

Delaporte (Paul-Émile), Ingénieur civil, station centrale de Darnétal (Seine-Inférieure).

Delaunay (Ernest-Baptiste), Galvanoplaste, 12, rue Saint-Gilles, à Paris.

Delaunay-Belleville, Ingénieur-Constructeur, Membre de la Commission centrale des Machines à vapeur, 17, boulevard Richard Wallace, à Neuilly-sur-Seine. M. F.

Delgay (Louis), Ingénieur civil, Directeur des Stations centrales d'Électricité d'Argelès-Gazost et Heid fils frères et C[ie], à Cauterets, 31, rue Porte-Neuve, à Pau (Basses-Pyrénées).

Deligny (Jules-Louis), Ingénieur-Constructeur électricien, Maison *Deligny et Bernard*, 410, rue de Constantine, à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).

Demarchi (Lamberto), Ingénieur, 65, via Napoli, à Rome (Italie). M. F.

Dennis (Félix), 147, rue Victor-Hugo, au Havre (Seine-Inférieure). M. F.

Deplanque (A.), Ingénieur civil, Directeur d'Usines à gaz, 13, rue Victor-Hugo, à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).

Derry (Fortuné-Jules), Directeur de la *Société d'éclairage et d'énergie électriques*, 6, rue de l'Équitation, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).

Descamps, *Société marbrière d'Avesnes*, 17, avenue Daumesnil, à Paris.

Deslandres (Henri), Ingénieur des Ponts et Chaussées, à Pontoise (Seine-et-Oise).

Desombre (Paul-Édouard-Gaspard), Ingénieur des Arts et Manufactures, Maison *Brown, Bovery et Cie*, à Baden (Suisse).

Desroziers (E.), Ingénieur électricien, ancien élève breveté de l'École supérieure des Mines de Paris, expert près les Tribunaux de la Seine, 10, avenue Frochot, à Paris. M. F.

Desruelles (Lucien), Ingénieur civil, Constructeur électricien, 22, rue Laugier, à Paris. M. F.

Desson (Georges-Alfred), Ingénieur, Représentant de MM. Sautter, Harlé et Cie, et A. Piat et ses fils, 7, boulevard du Huit-Octobre, à Saint-Quentin (Aisne).

Deutsch (Émile), 54, avenue d'Iéna, à Paris. M. F.

Dhien (Étienne), Mécanicien électricien, à Chabons (Isère).

Dierman (William), Ingénieur, 27, rue de la Sablonnière, à Bruxelles (Belgique).

Dieudonné (Émile), Ingénieur civil des Mines, 95, rue Perronet, à Neuilly (Seine). M. F.

Dini (Urbain), Directeur des ateliers de la Maison *Doignon*, 48, rue Gassendi, à Paris. M. F.

Doignon (Louis), Ingénieur-Constructeur, Successeur de la Maison *Dumoulin-Froment et Doignon*, 85, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.

Domange (Albert), Fabricant de courroies pour machines, 74, boulevard Voltaire, à Paris.

Domon (Ovide), Ingénieur électricien, Chef du Service électrique de la Maison *Joseph Farcot*, 6, rue Montesquieu, à Asnières (Seine).

Dommer (Fernand), Professeur, 12, rue Poisson, à Paris. M. F.

Doyer (H.), Ingénieur électricien, 40, rue Phœnixstraat, à Delf (Pays-Bas).

Drago (Lazare-Ange), Inspecteur des Télégraphes, à Ajaccio (Corse). M. F.

Droguet (Charles), Ingénieur des Télégraphes, 35, rue Rodrigues-Péreire, à Bordeaux (Gironde). M. F.

Drzewiecki (Stephane), Ingénieur, 5, villa Damont, rue des Bauches, à Paris.

Dubois (Edmond), Professeur de Physique, 31, rue Cozette, à Amiens (Somme). M. F.

Dubois (Henri), 19, rue de Berri, à Paris, et à Dinart-Saint-Enogat (Ille-et-Vilaine).

Dubranle (A.), Constructeur électricien, 49, rue Notre-Dame-de-Nazareth, à Paris.

Ducastel (C.), Électricien, 61, rue Nationale, à Lille (Nord).

Duchesne (Eugène-Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, attaché au Service électrique de la Maison *Sautter, Harlé et Cie*, 69, rue de Bourgogne, à Paris.

Ducousso (Th.), Ingénieur, 3, rue Sainte-Beuve, à Paris. M. F.

Ducretet (E.), Vice-Président du Syndicat des industries électriques, 75, rue Claude-Bernard, à Paris. M. F.

Duez (G.), Professeur de Mathématiques, 63, avenue Niel, à Paris.

Dufaÿ (Adrien), Chimiste, 7, rue Barbette, à Paris.

Duflon (Louis), Ingénieur, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, Viborgskaïa Storona, neuchlotski pereoulok, 5, à Saint-Pétersbourg (Russie).

Duhayon-Lainnet (Fernand-Marie-Albert), Ingénieur, 20, rue du Luxembourg, à Paris.

Dujardin (P.-J.-R.), Héliographe, 28, rue Vavin, à Paris. M. F.

Dulait (Julien), Administrateur-Gérant de la *Société anonyme d'Électricité et Hydraulique*, à Charleroi (Belgique).

Dumont (G.), Ingénieur électricien, Ingénieur des Services techniques de l'Exploitation des Chemins de fer de l'Est, Professeur à l'École des hautes études commerciales, ancien Secrétaire des Comités de la Classe 62 à l'Exposition universelle de 1889, 110, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris. M. F.

Du Mont (Alexis-Victor-Marie), Ingénieur des Arts et Manufactures, attaché à la *Compagnie Électro-Mécanique,* 68, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône).

Dunarintzu (Petré), Officier de la Marine royale roumaine, à Galatz (Roumanie).

Dunion (Louis), Inspecteur des Télégraphes, 34, rue Lacretelle, à Mâcon (Saône-et-Loire). M. F.

Duquenoy (Gustave-Louis), 2, rue du Château, à Saint-Omer (Pas-de-Calais). M. F.

Durand (Albert), Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Chef des Travaux au *Laboratoire central d'Électricité,* 68, boulevard Saint-Marcel, à Paris.

Dussaut (François), 4, rue Alfred-Stevens, à Paris, et à Sauveterre de Guyenne (Gironde). M. F.

Dvorak (Vincent), Professeur de l'Université croate, à Agram (Autriche).

Ebel (Georges), Directeur de la *Compagnie d'Eclairage électrique du secteur des Champs-Élysées,* 92, boulevard de Courcelles, à Paris.

Egli (Arthur), Industriel, 71, boulevard Magenta, à Paris.

Eglin (L.), Receveur des Postes et des Télégraphes, à Vincennes (Seine). M. F.

Eligio-C.-Fernandez, Electrician and Electric light Constructor, à Gibraltar.

Elsner (Jules), Ingénieur, 80, Lombard street, E. C., à London (Angleterre).

Emery (Louis), 59, rue Bonaparte, à Paris. M. F.

Emmens (Stephen-Henry), D. C. L., etc., 1, broadway. New-York City, New-York (États-Unis). M. F.

Emmott (Walter), *Northern Telegraph Works,* Halifax, Yorkshire (Angleterre). M. F.

Ermel (Frédérick), 153, rue de Rome, à Paris. M. F.

Escalante (Docteur José), Professeur à l'Institut de Santander (Espagne).

Eschbaecher, Sous-Directeur du *Bureau international des Administrations télégraphiques,* à Berne (Suisse). M. F.

Eschwège, Directeur de la Société anonyme d'éclairage et de force par l'électricité, 13, rue La Fayette, à Paris.

Fabri (Ruggiero), Président du Collège des Ingénieurs de la province de Ravenne, 314, via Dante, à Ravenne (Italie). M. F.

Faget (Georges-Jean-Isidore-Gabriel), Inspecteur de l'éclairage à l'Administration des Chemins de fer, des Télégraphes et du port d'Alexandrie, au Caire (Égypte).

Fahie (J.-J.), Claremont court, Claremont Hill, Jersey (îles de la Manche). M. F. M. P.

Falero (Louis), 100, Fellows Road, London N. W. (Angleterre). M. F.

Faramond de Lafajole (Roger-Pierre-Joseph de), Ingénieur des Arts et Manufactures, *Société des moteurs à pétrole ordinaire pour l'éclairage électrique,* 14, cité Vaneau, à Paris.

Fargues (J.), Membre de la *Société asiatique de Paris,* M. S. T. E., etc., Grande-Rue, 36, à Enghien (Seine-et-Oise). M. F. M. P.

Farman (Dick), Ingénieur électricien, Mécanicien, Ingénieur de la *Société Hermite,* 53, rue Lafayette, à Paris. M. P.

Fasse (J.-E.), 12, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône). M. F.

Fauché (Jean-Camille), Électricien de la Maison *Vilmorin-Andrieux,* 20, rue de la Reynie, à Paris.

Fauconnier, Ingénieur, 2, rue Verte, à Orléans (Loiret). M. F.

Faugier (Prosper), Lieutenant au 97e régiment d'infanterie, à Chambéry (Savoie). M. F.

Faure (Camille-A.), Ingénieur électricien, 116, boulevard Richard Lenoir, à Paris. M. F.

Faure (Pierre), Ingénieur mécanicien, place du Champ-de-Foire, à Limoges (Haute-Vienne). M. F.

Faure-Miller (Dr Roland), Ancien interne des hôpitaux de Paris, lauréat de la Faculté de Médecine de Paris, 8, rue Miromesnil, à Paris. M. F.

Fayard (Prosper), Juge suppléant, 35, avenue Denfert-Rochereau, à Saint-Étienne (Loire). M. F.

Faye (A.-H.), Membre de l'Institut, 95, avenue des Champs-Élysées, à Paris. M. F. M. H.

Fayot (Louis), Ingénieur, Directeur des ateliers de la *maison Bréguet,* 19, rue Didot, à Paris.

Félix (C.), Ingénieur électricien, à la Sucrerie de Sermaize (Marne). M. F.

Felten et **Guilleaume**, Ingénieurs constructeurs, Électriciens, Carlswerk, à Mulheim-sur-Rhin (Allemagne). M. F.

Fesquet (Émile), Directeur de l'*Usine de la Société pour le travail électrique des métaux,* 4, quai de Seine, à Saint-Ouen (Seine). M. F.

Fillet (J.-W.-E.), Ingénieur électricien, 92, rue La Fayette, à Paris.

Filleul-Brohy (Georges), Directeur associé de la *Maison Houry et Cie,* 60, rue de Provence, à Paris.

Fitzgerald (George-Francis), School of Engineering, Trinity College, à Dublin (Ireland). M. F.

Foiret (Anatole), Administrateur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston,* 31, rue Claude-Vellefaux, à Paris.

Fontaine (Auguste), Rentier, 67, rue de la Boëtie, à Paris.

Fontaine (G.), Instruments de Physique et de Chimie, 18, rue Monsieur-le-Prince, à Paris.

Fontaine (Hippolyte), Ingénieur électricien, Administrateur de la *Société des machines magnéto-électriques Gramme,* 52, rue Saint-Georges, à Paris. M. D. M. P.

Forbes (Professeur George), M. A., F. R. S., 34, Great George Street, Westminster, London, S. W. (Angleterre).

Fortin-Herrmann (Adolphe), 138, boulevard du Montparnasse, à Paris. M. F.

Fould (Léon), 30, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris. M. F.

Foureault (Alfred), Ingénieur à la *Société générale des industries économiques,* 101, avenue de Labourdonnais, à Paris.

Fournier (Victor), Ingénieur, concessionnaire de l'éclairage électrique et de la distribution d'eau des villes de Caussade et Sepfonds, à Caussade (Tarn-et-Garonne).

Foveau de Courmelles (Dr), Lauréat de l'Académie de Médecine, Licencié ès Sciences physiques, ès Sciences naturelles, en Droit, Professeur libre d'Électrothérapie, 26, rue de Châteaudun, à Paris.

Foy (Fernand), Ingénieur de la Maison *Koerting frères,* 73-A, strada Fontanéi, à Bucarest (Roumanie).

François (Jules-Victor), Ingénieur-Électricien, Directeur de la Maison *Gally et Viette* (*succursale de Cannes*), 89, rue d'Antibes, à Cannes (Alpes-Maritimes).

Frédéric-Moreau (F.), Ingénieur civil des Mines, 98, rue de la Victoire, à Paris. M. F.

Fribourg (G.), Inspecteur général des Postes et des Télégraphes, 11, place Malesherbes, à Paris. M. F.

Friedel (Ch.), Membre de l'Institut, 9, rue Michelet, à Paris. M. F.

Frings (Maurice), Cotons à coudre L. V., 106, rue Saint-Denis, à Paris. M. F.

Frison fils (Émile), Applications industrielles de l'électricité, aux forges de Bologne, (Haute-Marne). M. F.

Frouin (André), Ingénieur des Télégraphes, 2, rue de Fleurus, à Paris. M. F.

Fuisseaux (Fernand **de**), à Baudour (Belgique). M. F.

Gaiffe fils (Georges), Ingénieur électricien, 40, rue Saint-André-des-Arts, à Paris. M. F.

Gallice (Georges), ancien Élève de l'École Polytechnique, 10, rue d'Anjou, à Paris. M. F.

Gallini (Aristide), Capitaine de vaisseau en retraite, à Granville (Manche).

Gally (Georges), Électricien, 20, rue Baudin, à Paris. M. F.

Gamard (Gustave), Professeur à l'*Association philotechnique*, 24, rue Sainte-Croix-de-la-Bretonnerie, à Paris.

Gamare (abbé), Fondateur de l'Orphelinat de Rolleville, par Montivillière (Seine-Inférieure). M. F. M. P.

Gariel (C.-M.), Professeur à la Faculté de Médecine, 6, rue Edouard-Detaille, à Paris. M. F.

Garnier (Hubert), Ingénieur des Arts et Manufactures, 26, rue Boursault, à Paris.

Garnier (Paul), Horloger mécanicien, Fabricant d'horlogerie électrique, 16, rue Taitbout, à Paris. M. F

Gatehouse (T.-E), A. M. I. C. E.; M. I. E. E.; M. I. M. E., *Editor Electrical Review*, 4, Ludgate hill, London E. C. (Angleterre). M. F.

Gaulne (**de**), Ingénieur électricien, rue Vital-Carles, à Bordeaux (Gironde).

Gaultier (Georges), Ingénieur, 14, rue Dumont-d'Urville, à Paris.

Gaumont (Léon), Directeur du *Comptoir général de Photographie*, 57, rue Saint-Roch, à Paris.

Gaupillat (Marcel), Ingénieur des Arts et Manufactures, 13, place des Vosges, à Paris.

Gautard (Pierre), Ingénieur aux *usines du Creusot*, 6, rue de l'Abbé-Perrot, au Creusot (Saône-et-Loire). M. F.

Gauthier-Villars (Albert), ancien Élève de l'École Polytechnique, Imprimeur-Éditeur, 55, quai des Grands-Augustins, à Paris.

Gauthier-Villars (J.-A.), Imprimeur-Éditeur, 13, rue Singer, à Paris. M. F. M. P.

Gautier (Georges), Docteur en Médecine, 7 *bis*, rue du Louvre, à Paris.

Genteur (D.-A.), Ingénieur civil, 88, boulevard de Versailles, à Suresnes (Seine).

Geoffroy (Eugène), Manufacturier, 2, rue Portalis, à Paris. M. F.

Gérard (Eric), Directeur à l'*Institut électrotechnique Montefiore*, 43, rue Saint-Gilles, à Liége (Belgique).

Gérard-Lescuyer (J.-M.), Ingénieur constructeur, 16, rue des Grandes-Carrières, à Paris. M. F.

Gérente (Dr William), 28, rue Saint-Pétersbourg, à Paris.

Gilbert (Eugène), Chimiste, Directeur-Gérant de l'Établissement métallurgique de la *Société des Joailliers, Bijoutiers et Orfèvres,* 39, rue des Francs-Bourgeois, à Paris.

Gilbert-Pierre, Ingénieur, 99, rue du Conseil, à Saint-Denis (île de la Réunion).

Giltay (J.-W.), Ingénieur électricien, successeur de Kipp et Zonen, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens,* 202, Oude Delft, à Delft (Pays-Bas).

Gin (Gustave), Ingénieur conseil, 28, rue de Saint-Pétersbourg, à Paris.

Girard (Charles), Directeur du *Laboratoire municipal,* 2, rue de la Cité, à Paris. M. F.

Girard (Constant-Louis), Ingénieur à la *Compagnie Électro-Mécanique,* 5, boulevard Henri IV, à Paris.

Girault (Paul-Eugène), Ingénieur, 75, rue du Cherche-Midi, Paris.

Gladstone (Dr John Hall), F. R. S., 17, Pembridge Square, London (Angleterre). M. F. M. P.

Glasewski (A.), 8 *bis*, rue du Trianon, au Perreux (Seine). M. F.

Godfroy (Fernand), Directeur des Postes et des Télégraphes, hors cadre, Directeur des Services de la *Compagnie française des Câbles télégraphiques,* à Brest (Finistère).

Godron (Paul), Inspecteur général du Génie maritime, 18, rue du Vieux-Colombier, à Paris. M. F.

Goirand (Léonce), Avoué à la Cour d'appel, 15, rue des Saints-Pères, à Paris. M. F.

Goldschmidt (Dr), 20, Johannistrasse, à Berlin (Allemagne). M. F.

Goldschmidt (Léopold), 10, rue Murillo, à Paris. M. F.

Goldsmith (Ferdinand), Ingénieur des ateliers de la *Compagnie des chemins de fer de l'Ouest,* 22, rue Mozart, à Paris.

Gosse (Émile), Électricien, 189, rue La Fayette, à Paris.

Gosselin (Xavier), Chef des travaux électriques à l'École centrale des Arts et Manufactures, Secrétaire général de la *Société internationale des Électriciens,* 12, rue de Saint-Quentin, à Paris.

Goubaux (Gaston-Xavier), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'École supérieure d'Électricité, chargé de laboratoire à l'usine municipale d'Électricité des Halles centrales, 71, rue de la Tour, à Paris.

Goubé (Albert), Ingénieur à la *Compagnie parisienne du Gaz,* 23, rue d'Hauteville, à Paris.

Gounouilhou (G.), 11, rue Guiraude, à Bordeaux (Gironde).

Gowan (Francis-M.), Electrical Engineer, 20, Beauchamp Square, Leamington (Angleterre). M. F.

Gramme (Zénobe), Ingénieur électricien, 20, rue d'Hautpoul, à Paris. M. D. M. P.

Grandidier (Alfred), Membre de l'Institut, 6, rond-point des Champs-Élysées, à Paris.

Graves (James), M. I. E. E., à Valentia (Ireland). M. F.

Gravier (Jean-Charles), Ingénieur électricien des Télégraphes de l'État et des chemins de fer égyptiens, boîte postale 316, au Caire (Égypte). M. F.

Gray (C.-H.), *India Rubber and Telegraph Works Co,* Silvertown, London E. (Angleterre). M. F. M. P.

Gray (Robert-K.), 106, Cannon Street, London E. C. (Angleterre). M. F.

Gray (W.-E.), *India Rubber and Telegraph Works Co,* Silvertown, London E. (Angleterre). M. F. M. P.

Grenier (Ulysse), 14, rue Jean-Jacques Rousseau, à Paris. M. F.

Griffisch (G.-J.), Ingénieur civil, Professeur de Mécanique appliquée à l'*Union française,*

Ingénieur de la *Compagnie Clément, Gladiator, Humbert limited* (*Usines Clément*), 27, rue Descombes, à Paris.

Grosjean (Albert), Directeur et Fondé de pouvoirs de la Maison *Leclanché*, 158, rue Cardinet, à Paris.

Grosselin (Marie-Joseph), Ingénieur civil des Mines, Agent pour Paris de la *Société des Câbles Berthoud-Borel*, 69, avenue Henri-Martin, à Paris.

Gruby (Dr), Chevalier de la Légion d'honneur, 66, rue Saint-Lazare, à Paris. M. F.

Guasson (B.), Commis principal des Postes et des Télégraphes, à Limoges (Haute-Vienne). M. F.

Guénée (Albert-Charles-James), Constructeur, Lieutenant de vaisseau de réserve, 14, rue des Bois, à Paris.

Guénet (Jules), Fabricant d'appareils électriques, 5, rue Montmorency, à Paris.

Guérin de Litteau (Edgar), Ingénieur civil, Administrateur de la *Compagnie transatlantique*, 6, rue de Clichy, à Paris.

Guerre (Gaston-Pierre-Alfred), Ingénieur, 8, rue du Pont-Neuf, à Lille (Nord).

Guglielmini (Émile-Antonio), Électricien, 23, quai de la Pêcherie, à Corbeil (Seine-et-Oise).

Guignault (Charles-Arthur), 11, rue Ganneron, à Paris.

Guilbert (Cyrille-Fernand), Ingénieur, 231, rue Championnet, à Paris.

Guilhem (Eugène), Ingénieur des Arts et Manufactures, 38, rua Brigº Rafaël Tobia, à São-Paulo (Brésil).

Guillaume (Charles-Édouard), Attaché au *Bureau des Poids et Mesures*, Pavillon de Breteuil, à Sèvres (Seine-et-Oise).

Guillemart (Edmond), Ingénieur électricien, 87, rue Clovis, à Reims (Marne). M. F.

Guitton (Adrien), Ingénieur, 22, rue de la Bourse, à Saint-Étienne (Loire). M. F. M. P.

Gutperle (A.), Administrateur-délégué de la *Térébenthine française*, 7, rue de la Santé, à Paris. M. F.

Hacks (Charles-Pierre-Renaud), Docteur en Médecine, à Fécamp (Seine-Inférieure).

Hadamard (D.), 53, rue de Châteaudun, à Paris. M. D.

Hallez (Charles), Capitaine de frégate, 5, cité d'Antin, à Brest (Finistère). M. F.

Hamilton (Georges-A.), Ingénieur de la *Western Electric Cº*, 532, Morris Avenue. Elisabeth. New-Jersey (U. S. A.). M. F.

Hanning (William), Ingénieur, 191, rue de l'Université, à Paris.

Harlé (Émile), ancien Ingénieur des Ponts et Chaussées, Associé gérant de la *Maison Sautter-Harlé et Cie*, 26, avenue de Suffren, à Paris.

Hauser (Alphonse), Ingénieur de la Marine en retraite, 4, rue Meissonnier, à Paris.

Hauser (Henri), Ingénieur des Mines et Électricien, rue Zorrilla, nº 33, à Madrid (Espagne). M. P.

Hebbert (W.-E.-G.), M. A., 18, Calverley Park Gardens, Tunbridge Wells (Angleterre). M. F.

Heilmann (Jean-Jacques), Ingénieur électricien, 38, rue de Laborde, à Paris.

Héliand (comte d'), Ex-Secrétaire général de l'*Exposition internationale d'Électricité de Paris en* 1881, 21, boulevard de la Madeleine, à Paris. M. F.

Helmer (Oscar), Ingénieur en chef du service électrique des *Usines Schneider et Cie*, au Creusot (Saône-et-Loire).

Henrique (Frédéric), Ingénieur des Arts et Manufactures, 37, rue Montgrand, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Henry (Adolphe), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur sortant de l'École supérieure d'Électricité, Attaché au Service électrique de la gare de Lyon, 9, rue Jules-César, à Paris.

Henry (Paul), Astronome à l'Observatoire de Paris, 22, rue Périer, à Montrouge (Seine).

Henry (René), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la *Raffinerie Sommier*, 145, rue de Flandre, à Paris. M. F.

Hérard (F.), Ingénieur civil, 6, rue d'Assas, à Paris.

Hering (Carl), Consulting Electrical Engineer, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 927, Chesnut street, à Philadelphie, Pa (U. S. A.).

Herrchillet (F.-J.), ancien Officier de Marine, Membre de la *Société de Géographie commerciale* et de la *Société astronomique de France*, 46, rue Béranger, à Fontainebleau (Seine-et-Marne). M. F.

Herrenschmidt (Henri), ancien chef des travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 10, boulevard de Magenta, à Paris.

Herrmann (Ernest), Ingénieur, Agent général du système *Holroyd Smith*, 74, rue Saint-Lazare, à Paris.

Hertzog (Gustave), Architecte-expert, 7, rue Saint-Louis, à Metz (Alsace).

Herzenstein (K.), Ingénieur électricien, 6, rue de Candole, à Genève (Suisse).

Heurtey (René), Ingénieur des Arts et Manufactures, 55, rue de Châteaudun, à Paris.

Hillairet (A.), Ingénieur-Constructeur, 22, rue Vicq-d'Azir, à Paris. M. P.

Hirsch (Joseph), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 1, rue de Castiglione, à Paris. M. F.

Horn (Émile), 16, rue Daubigny, à Paris.

Hospitalier (Édouard), Professeur à l'*École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris*, 12, rue de Chantilly, à Paris. M. F.

Houdard (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, Attaché à la *Société industrielle de moteurs électriques et à vapeur*, 10, rue du Marché, à Neuilly-sur-Seine (Seine).

Huet (Charles-Edmond), Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur administratif des travaux de Paris, 12, boulevard Raspail, à Paris. M. F.

Hughes (Professeur D. E.), F. R. S., care of the London Joint Stock Bank, 69, Pall Mall, London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.

Hugues, Électricien attaché à la *Société du Gaz de Marseille*, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Huguet (Alphonse-Charles-Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, Juge au tribunal de Commerce de la Seine, Constructeur, 22, rue Vicq-d'Azir, à Paris.

Huguet de Vars (Dr H.), de la Faculté de Paris, ex-Interne des hôpitaux, 27, rue de Londres, à Paris. M. F.

Hunter (Rudolph-M.), Mechanical expert, 926, Walnut street, à Philadelphie, Pa (U. S. A.). M. F.

Hureau de Villeneuve (Abel), 91, rue d'Amsterdam, à Paris. M. F.

Immisch (Moritz), 102, Follington Park, London N.W. (Angleterre). M. F.

Izard (Justin), Ingénieur des Télégraphes, Direction des Postes et des Télégraphes, à Alger (Algérie).

Jacomet (Charles-Alexandre), Directeur-Ingénieur des Postes et des Télégraphes en retraite, 101, rue de Rennes, à Paris. M. F.

Jacques, Inspecteur des Postes et des Télégraphes, à Tunis (Tunisie). M. F.

Jacquin (Charles), Ingénieur électricien, 18, rue Friant, à Paris.

Jacquin (Louis-Paul), Ingénieur à la *Compagnie d'Éclairage électrique du secteur des Champs-Élysées,* 55, boulevard Beauséjour, à Paris.

Jaeggé (Charles), Constructeur mécanicien, 97, avenue de Choisy, à Paris.

Janet (Paul), Chargé de cours à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, Directeur du *Laboratoire central* et de l'*École supérieure d'Électricité,* 180, boulevard Saint-Germain, à Paris.

Jannettaz (Paul), Ingénieur, Répétiteur à l'École centrale des Arts et Manufactures, Secrétaire de la *Société des Ingénieurs civils,* 68, rue Claude-Bernard, à Paris.

Janssen, Membre de l'Institut, Directeur de l'observatoire de Meudon, à Meudon (Seine-et-Oise). M. F.

Janssen (Pierre-Eugène), Banquier, 32, rue de Trévise, à Paris.

Japy (Henry), Ingénieur des Arts et Manufactures, Industriel, à Beaucourt (territoire de Belfort).

Jarre (Léon-Henri), Ingénieur électricien attaché à la *Maison Sautter, Harlé et Cie,* 2, rue des Pyramides, à Paris.

Jarriant jeune (Antoine-Marie), Fabricant de fils électriques, 75 et 77, boulevard Gouvion-Saint-Cyr, à Paris.

Jarriant (Joseph), Électricien, 75 et 77, boulevard Gouvion-Saint-Cyr, à Paris.

Jaspar (Joseph), Constructeur électricien, 12, rue Jonfosse, à Liège (Belgique). M. F.

Javal (Jean-Félix), Ingénieur électricien, 5, boulevard de la Tour-Maubourg, à Paris.

Javaux (Émile), Directeur des Ateliers de la *Société Gramme,* 33, rue Clavel, à Paris. M. P.

Jeantaud (Charles), 51, rue de Ponthieu, à Paris. M. F.

Jelenkovski (Jules), Ingénieur, poste restante, Saint-Pétersbourg (Russie).

Jigouzo (Paul), Ingénieur civil des Mines, 7, rue Jullien, à Vanves (Seine).

Joly (Maurice), Électricien, 3, cité du Retiro, à Paris.

Jordery (C.), 43, rue Legendre, à Paris. M. F.

Josse (Hippolyte), ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur conseil en matière de brevets d'invention, 58*bis*, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris.

Joubert (Arigle), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la *Faïencerie de Gien,* à Gien (Loiret).

Joubert (J.), Inspecteur général de l'Instruction publique, 67, rue Violet, à Paris.

Jouët (Georges), 60, rue Pierre-Charron, à Paris. M. F.

Journaux (J.), 56, rue des Cévennes, à Paris. M. F.

Juppont (Pierre), Ingénieur-conseil électricien, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 55, allées Lafayette, à Toulouse (Haute-Garonne). M. F.

Kareis (Josef), Ex-Secrétaire de l'*Exposition internationale d'Électricité de Wien*, 7, Niebelungengasse, à Wien (Autriche). M. F.

Kelvin (**Lord**), G, C, V, 6; L. L. D., F. R. S., the University Glasgow (Écosse).

Kempe (H.-R.), Engineer in chief's Office, General Post Office, London E. C. (Angleterre). M. F.

Kerchove (Prosper **Van den**), Sénateur, 183, coupure, à Gand (Belgique). M. F.

Kericuff (Pierre-François-Hyacinthe **de**), à Henvic, par Taulé-Penzé (Finistère). M. F. M. P.

Kerkwyk (J.-J. **Van**), Membre des États généraux, Conseiller des Télégraphes, Ingénieur civil, Administrateur du *Chemin de fer d'Anvers à Rotterdam*, à La Haye (Pays-Bas). M. F.

Khotinsky (Capitaine A. **de**), *care of Western Electric Co*, Chicago, Illinois (U. S. A.).

Kleine (Auguste-Frédéric), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 9, avenue de la Bourdonnais, à Paris.

Korda (Désiré), Ingénieur, Chef du Service électrique de la *Compagnie de Fives-Lille*, 64, rue Caumartin, à Paris.

Kowalski (Joseph **de**), Professeur de Physique à l'Université de Fribourg, à Fribourg (Suisse).

Krafft (Victor), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Directeur de la *Compagnie napolitaine du Gaz*, 138, via di Chiaja, à Naples (Italie). M. P.

Krebs (le Commandant), 19, avenue d'Ivry, à Paris.

Kriéger (Louis), Ingénieur électricien, 19, rue Roussel, à Paris.

Krizik (Franz), Ingénieur électricien, ancien Élève de l'École Polytechnique slave de Prague, à Prague (Autriche).

La Boulaye (**de**), ancien Administrateur des Postes et des Télégraphes, 20, rue La Cases, à Paris. M. F

Labour (Édouard), Ingénieur des ateliers de la Société l'*Éclairage électrique*, 71, boulevard Montparnasse, a Paris.

Labry (Comte **de**), Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées, 51, rue de Varennes, à Paris. M. F.

Lacauchie (Lucien), Ingénieur civil, Chef du Laboratoire de la *Compagnie générale des Omnibus*, 154, boulevard Magenta, à Paris.

Lacoine (Émile), Conseiller électricien du Gouvernement, passage du Tunnel, A, Péra, Constantinople (Turquie). M. F.

Lacour (Alfred), ancien Élève de l'École Polytechnique, 60, rue Ampère, à Paris.

Lacretelle (Gaston), Administrateur-Délégué de la Société anonyme de *Force et Lumière électriques*, 9, rue de Rocroy, à Paris.

Laffargue (Joseph), Licencié ès Sciences physiques, Ingénieur électricien, 70, boulevard Magenta, à Paris.

Laffont (Dr), Profo de la Faculté de Médecine de Lille, 245, rue St-Honoré, à Paris. M. F.

Lafond (Jean-Joseph), Constructeur-Électricien, à Montalieu-Vercieu (Isère).

Laforge (Ernest), Ingénieur électricien, 36, rue Washington, à Paris. M. F.

Lagabbe (Charles-Edmond **de**), Ingénieur électricien aux *Forges et Chantiers de la Méditerranée*, 42, rue Hoche, à La Seyne (Var).

Lalance (Auguste), Administrateur-Délégué de la *Société d'Éclairage du Secteur de la place Clichy,* 53, rue des Dames, à Paris.

Lalande (Félix de), Ingénieur civil, 183, boulevard Saint-Germain, à Paris. M. F.

Lallement (Maurice), ancien Ingénieur de la *Société générale des Téléphones,* Inspecteur de l'*Association des Industriels de France,* 22, rue Nicolas-Perceval, à Reims (Marne). M. F.

Lamprecht (Rodolphe), Ingénieur du Polytechnique de Milan, Directeur de la *Société française Blahnik,* 14, rue de l'Époque, à Gagny (Seine-et-Oise).

Langlois (Victor-Louis-Marie), Constructeur-Électricien, 9, place du Parc, à Sèvres (Seine-et-Oise).

Lapointe (Albert), Fabricant de bronzes, Éclairage électrique, 100, rue Amelot, à Paris.

Laporte (Frédéric-Claude-Marie), Ingénieur civil des Mines, ancien élève de l'École Polytechnique, Chef des travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 2, rue Saint-Simon, à Paris.

Laporte (Régis), Ingénieur, Station centrale d'Électricité de Saïgon, à Saïgon (Cochinchine).

Larat (Dr Jules), 3, place du Théâtre-Français, à Paris.

Lardy (Auguste), Ingénieur, Directeur des forge et aciérie de Basse-Indre (Loire-Inférieure). M. F.

Larnaude (André), Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de lampes à incandescence; 19, rue Camille-Desmoulins, à Issy-les-Moulineaux (Seine).

Lasnier (Jean-François), Ingénieur, 33, rue Greuze, à Paris.

Latchinoff (Dimitry), Professeur à l'Institut des Bois et Forêts, à Saint-Pétersbourg (Russie). M. F.

Launay (F.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 35, rue de Saint-Pétersbourg, à Paris.

Laurent (Victor-Constant), Co-Concessionnaire de l'Exploitation pour la France et les Colonies de la lampe *Jandus,* Chef d'Exploitation, 26, boulevard Poissonnière, à Paris.

Lauriol (Pierre), Ingénieur des Ponts et Chaussées, 83, boulevard Saint-Michel, à Paris.

Laval, Inspecteur des Postes et des Télégraphes, à Bar-le-Duc (Meuse). M. F.

Lavergne (Gérard), Ingénieur civil des Mines, 19, quai de la Fontaine, à Nîmes (Gard). M. F.

Lavezzari (André), Ingénieur civil, Directeur des *Ateliers Frielmann,* 42, rue Blanche, à Paris.

Lawton (Edouard), 94, quai des Chartrons, à Bordeaux (Gironde).

Laymet, ancien Ingénieur en chef de la Station d'Électricité de Amparo (Brésil), Membre sociétaire de la Société des Ingénieurs civils de France, Ingénieur électricien, à Sao Paulo (Brésil).

Léauté (Henri), Membre de l'Institut, Administrateur délégué de la *Société industrielle des Téléphones,* 25, rue du Quatre-Septembre, à Paris.

Le Baron, Ingénieur électricien, 57, rue de l'Ourcq, à Paris. M. F.

Lebaupin (Gustave-Louis), Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, 14, boulevard Pasteur, à Paris.

Leblanc (Maurice), 1, avenue de Boufflers, villa Montmorency, Paris-Auteuil. M. F.

Lecerf (Félix-Achille), Ingénieur des Arts et Manufactures, 74, rue Mozart, à Paris.

Le Chatelier, Ingénieur des Mines, 73, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.

Leclaire (Joseph), Constructeur, 6, square de l'Opéra, à Paris.

Le Cordier (Paul), Docteur ès Sciences, Chargé d'un cours à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand, 3, place Lecoq, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme). M. F.

Leduc, Ingénieur en chef de l'Exploitation de la *Compagnie nouvelle des Tramways Roubaix et Tourcoing*, 336, Grande-Rue, à Roubaix (Nord).

Lefèvre (Étienne-Marie-Alexandre), Architecte, Chef de Section à la *Compagnie des chemins de fer P.-L.-M.*, à Caroubier, par La Londe (Var).

Legendre (Henri), Commis de direction des Postes et des Télégraphes, 7, rue du Neufbourg, à Saint-Lô (Manche). M. F.

Le Gentil-Parent (A.), 53, faubourg Ronville, à Arras (Pas-de-Calais). M. F.

Legrand (Emmanuel), Ingénieur électricien diplomé de l'École supérieure d'Électricité, Licencié ès-sciences physiques, 18, rue Chauveau-Lagarde, à Paris.

Lehideux (Charles), Électricien, Mission scientifique d'Indo-Chine et Malaisie, Consulat de France, à Batavia (Indes Néerlandaises).

Lejeal (Adolphe), Préparateur du Cours de Métallurgie au Conservatoire national des Arts et Métiers, 49, rue de Chabrol, à Paris.

Lejeune (Léon-Jacques-Alexandre), Ingénieur, E. C. P.; à Thury-Harcourt (Calvados).

Le Maréchal (E.), à Saint-Servan (Ille-et-Vilaine). M. F.

Le Neve-Foster (Arthur), 61, Cadogan square, London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.

Léonardi (Ubaldo), Sculpteur, 25, rue Pelleport, à Paris.

Lépine (Albert), Ingénieur électricien, 36, rue Washington, à Paris.

Lequeux (Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, 64, rue Gay-Lussac, à Paris. M. F.

Leray (Marcel), Ingénieur électricien, *Compagnie parisienne des Sciences industrielles*, 23, rue des Filles-du-Calvaire, à Paris.

Le Roux, Ingénieur en Chef de la *Compania primitiva de Gas*, à Buenos Ayres (République Argentine).

Le Roy (Fernand), Ingénieur du Ministère des Finances, ancien Ingénieur en chef de la *Compagnie nationale d'Électricité* (système Ferranti), 14 *bis*, rue Saint-Georges, à Paris.

Leroy (Jules-Léon), Représentant de la *Maison Sautter, Harlé et Cie*, 103, rue de Metz, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).

Leroy (Maurice), Ingénieur électricien, 45, rue de Trévise, à Paris.

Lesage (Edmond-Jean-Baptiste), Inspecteur de la *Société du gaz franco-belge*, 113, avenue de Villiers, à Paris.

Lesourd (Paul), Président de la Chambre de commerce de Tours, 34, rue Néricault-Destouches, à Tours (Indre-et-Loire). M. F.

Lévy (Amédée), Ingénieur-adjoint à la *Compagnie du gaz de Bordeaux*, Licencié ès Sciences mathématiques, 5, rue de Condé, à Bordeaux (Gironde).

Lévy (Auguste-Edmond), Ingénieur, Chef de Service de la *Compagnie parisienne du gaz*, 6, rue Condorcet, à Paris.

Lévy (Émile), Ingénieur, E. C. P., 38, rue Gay-Lussac, à Paris. M. F.

Lewis (H. F. W.), M. I. E. E.; A. I. C. E., Redlands, 48, Sydenham Road, Croydon, Surrey (Angleterre). M. F.

Liébaut (A.), Ingénieur, Président honoraire de la *Chambre syndicale des mécaniciens de Paris*, 72, avenue Marceau, à Paris.

Limb (Claudius), Docteur ès Sciences, Ingénieur-Conseil de la *Maison Gindre frères et Cie*, Préparateur à la Sorbonne, 43, rue de Lyon, à Paris.

Lindé (Isidore), Ingénieur électricien, *Morosseïka, Maison Leonof*, à Moscou (Russie).

Lippmann (G.), Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences, 10, rue de l'Éperon, à Paris. M. F.

Locherer (Jacques-Joseph-Auguste), Ingénieur des Ponts et Chaussées, 45, rue Ampère, à Paris.

Lœvenbruck (Émile-François-Marie), Ingénieur, Constructeur électricien, à Maromme (Seine-Inférieure).

Lœwy (Maurice), Membre de l'Institut, Directeur de l'Observatoire de Paris, à l'Observatoire, à Paris. M. F.

Loménie (**Charles de**), Directeur de la *Compagnie française pour l'exploitation des Procédés Thomson-Houston*, 27, rue de Londres, à Paris.

Loppé (François), Ingénieur des Arts et Manufactures, 240, rue de Vaugirard, à Paris.

Lorain, Ingénieur des Télégraphes, 24, rue Bertrand, à Paris.

Loreau (A.), Ingénieur et Conseiller général du Loiret, aux Roches, par Briare (Loiret).

Lorin (Charles-Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la *Compagnie nationale d'Électricité* (*système Ferranti*), 24, boulevard Voltaire, à Paris.

Lorrain (J.-G.), Norfolk House, Norfolk Street, London W. C. (Angleterre). M. F.

Lourme, Directeur des Postes et des Télégraphes de la Cochinchine et du Cambodge, à Saïgon (Cochinchine). M. F.

Lucas (Félix), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 26, rue Freycinet, à Paris. M. F.

Luneau-Clayeux (Louis), Électricien, à Auxerre (Yonne).

Luynes (Victor **de**), Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, 16, rue de Bagneux, à Paris. M. F.

Lyon (Max), Ingénieur, 83, avenue du Bois-de-Boulogne, à Paris. M. F.

Macquet (A.), Ingénieur au corps des Mines, Professeur de Physique et d'Électricité, Directeur de l'École des Mines du Hainaut, 22, boulevard Dolez, à Mons (Belgique).

Magee (Louis-J.), Ingénieur électricien, *Union Elektricitats-Gesellschaft*, Hollmannstrasse, 32, à Berlin (Allemagne).

Mailly (Paul-Marc), Ingénieur des Arts et Manufactures, 113 et 115, rue du Cherche-Midi, à Paris.

Maisonneuve (Similien-François), Ingénieur des Arts et Manufactures, château de la Roche-Hervé, à Missillac (Loire-Inférieure). M. F. M. P.

Malterre, Ingénieur électricien, 9, rue Laugier, à Paris.

Mandroux (L.), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, 9, rue d'Odessa, à Paris. M. F.

Maquaire (Amédée), Industriel, 31, boulevard de Montmorency, à Paris. M. F.

Maquaire (F.-V.), Ingénieur électricien, 3, avenue du Maine, à Paris.

Marais (Émile-Marie-Christophe **du**), Ingénieur civil des Mines, 5, place Saint-Sulpice, à Paris.

Maréchal (Charles-Eugène), Commis principal du Service télégraphique du Président de la République, 185, avenue du Maine, à Paris.

Maréchal (Henri), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur du *Secteur municipal d'Electricité*, 32, avenue Carnot, à Paris.

Marey (Étienne-Jules), Membre de l'Institut, 11, boulevard Delessert, à Paris. M. F.

Margaine (Georges-Louis), Ingénieur, Directeur de la *Compagnie des Accumulateurs Blot*, conseil, ancien Chef des Travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 7, rue Lallier, à Paris.

Marks (Louis-B.), M. M. E., 687, Broadway, New-York City (États-Unis).

Mars (André-Jean-Baptiste), Installation générale d'appareils électriques, 18, rue de Châteaudun, à Cannes (Alpes-Maritimes).

Martin (A.), Électricien, 52, avenue de la Gare, à Nice (Alpes-Maritimes).

Martin (E.), 42, route de Condé, à Valenciennes (Nord).

Martin (Louis **de**), à Montrabech, près Lezignan (Aude). M. F. M. P.

Mascart (E.), Membre de l'Institut, Directeur du Bureau Central météorologique, 176, rue de l'Université, à Paris. M. P.

Massey (William-Henry), M. Inst. C. E., Ingénieur à la Cour de Sa Majesté Britannique, Twyford R. S. O. Berks (Angleterre). M. F. M. P.

Masson (Georges), Éditeur, 120, boulevard Saint-Germain, à Paris. M. F.

Masson (Léon-Noël), Ingénieur, Sous-Directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers, 292, rue Saint-Martin, à Paris.

Mathieu (Émile-Léopold), Directeur d'Usines à gaz, à Menin (Belgique).

Mathieu (Émile), Ingénieur civil, 41, rue de Chaillot, à Paris.

Mathieu (J.-F.), Ingénieur, constructeur électricien, 6, rue Choron, à Paris.

Maugras (Hubert-Louis-Henri), Ingénieur, 7, rue Le Chatelier, à Paris.

Mehault (François), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, à Saint-Brieuc (Côtes-du-Nord). M. F.

Mendiola (Y. **de**), 2, rue Glück, à Paris.

Menges (C. L. R. E.), Balistraat, à La Haye (Hollande). M. F.

Ménier (Gaston), 56, rue de Châteaudun, à Paris.

Ménier (Henri), 8, rue de Vigny, à Paris. M. F.

Menj (Adolphe-Godefroy), Ingénieur de la *Compagnie des Entrepôts et Magasins généraux de Paris*, 5, rue Milton, à Paris.

Mensbrugghe (Gust. **van der**), Prof[r] à l'Université de Gand, à Gand (Belgique). M. F.

Mercadier (E.), Directeur des études de l'École Polytechnique, Ingénieur des Télégraphes, 21, rue Descartes, à Paris. M. F.

Mercet, Président de la *Société française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 59, rue de Provence, à Paris.

Mermet (Achille), Agrégé de Chimie au Lycée Charlemagne, Chef de Laboratoire à l'*École centrale des Arts et Manufactures*, 8, quai Henri IV, à Paris.

Meurling (Lars-August), Directeur des Télégraphes des chemins de fer de l'État suédois, à Stockholm (Suède).

Meyer (Eugène), Ingénieur, Directeur de l'*Écho des Arts et Manufactures*, 25, rue Bleue, à Paris.

Meyer (Ferdinand), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur de la *Compagnie continentale Edison*, Président du *Syndicat professionnel des industries électriques*, 28, rue de Châteaudun, à Paris.

Meyer (Georges), Ingénieur électricien à la *Compagnie continentale Edison*, 54, rue de la Bienfaisance, à Paris.

Meyer (Marcel), Ingénieur en chef de la *Compagnie générale de Travaux d'éclairage et de force* (anciens établissements Clémançon), 90, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris.

Meyer-May (Albert), Ingénieur de la *Société industrielle des Téléphones,* 54, rue de Prony, à Paris.

Meylan (Eugène), Ingénieur civil, 77, avenue du Nord, à Champigny (Seine).

Midoz (Ch.), Constructeur électricien, 8, rue Gambetta, à Besançon (Doubs).

Miet (Maurice), Directeur de l'Usine de la *Compagnie du Secteur électrique de la rive gauche de Paris,* 39, quai d'Issy, à Issy-les-Moulineaux (Seine).

Mildé fils (Charles), Ingénieur électricien, 51, 60 et 62, rue Desrenaudes, à Paris.

Minet (Adolphe), Ingénieur, Chimiste électricien, 37, rue de Berne, à Paris.

Minié (Paul), Directeur de la *Compagnie d'Électricité de Moulins*, à Moulins (Allier).

Miroux (Edmond), 102, boulevard Voltaire, à Paris.

Mix (Edgard-W.) Ingénieur, 12, boulevard des Invalides, à Paris.

Moineau fils (H.), Ingénieur, 22, boulevard des Filles-du-Calvaire, à Paris. M. F.

Molera (E.-J.), Ingénieur civil et Électricien, n° 850, Van Ness Avenue, à San Francisco (U.S.A.). M.F. M. P.

Moll (Charles), Directeur des Postes et des Télégraphes, à Épinal (Vosges). M. F.

Monmerqué (A.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 71, rue de Monceau, à Paris.

Monnier (D.), Ingénieur, Professeur d'Électricité industrielle à l'École Centrale des Arts et Manufactures, 1, rue Appert, à Paris. M. F.

Monthiers (Maurice), Ex-Chef du Service de la Section française à l'*Exposition universelle de* 1889, 50, rue Ampère, à Paris. M. F.

Montillot (Philippe-Louis), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, 75, avenue de la République, à Montrouge (Seine).

Montpellier (J.), Rédacteur en chef de l'*Électricien*, 12, rue des Rochers, à Clamart (Seine).

Morel (Henri), 50, rue de Sartrouville, à Argenteuil (Seine-et-Oise).

Morellet (Félix), 3, boulevard Henri IV, à Paris.

Moreno (O.), Directeur de la *Société nationale des Ateliers de Savigliano,* 40, via Venti Settembre, à Turin (Italie).

Morges, Chef de bataillon du Génie, Ministère de la Guerre, à Paris. M. F.

Mornat (Louis), Constructeur-Électricien, 56, boulevard Voltaire, à Paris.

Morris (Édouard), Ingénieur des Télégraphes, Chef du Service des Câbles sous-marins, à La Seyne (Var). M. F.

Mors (Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, 8, rue des Marronniers, à Paris. M. F.

Motte (Edmond-Eugène), Chimiste, à Dives-sur-Mer (Calvados).

Mouchard (Lucien-Louis-Victor), Ingénieur des Postes et des Télégraphes, Office postal tunisien, à Tunis (Tunisie).

Mouchel (J.-O.), Fabricant de cuivre pour télégraphie, 10, rue Commines, à Paris. M. F.

Moulton (John-Fletcher), Q. C.; F. R. S., 57, Onslow square, London S. W. M. F. M.P.

Mourot, Chef de bureau, Service des Eaux (Hôtel-de-Ville), 4, avenue Victoria, à Paris.

Moussette (Charles-Édouard), 73, boulevard Suchet, à Paris. M. F.

Mustelier (François-Joseph), Ingénieur, au service de *MM. Amelin et Renaud,* 50, rue Étienne-Marcel, à Paris.

Naeyer et Cie (**de**), à Willebrœck (Belgique). M. F.

Nansouty (Max-C. E. Champion **de**), Ingénieur civil, Directeur de la *Vie scientifique,* 10, rue Saint-Joseph, à Paris. M. F.

Nanta (Norbert), Opticien, 15, place du Pont-Neuf, à Paris. M. F.

Negreano (D.), Professeur à la Faculté des Sciences, Strada Popa Rudu, n° 17, à Bucarest (Roumanie).

Néron (Eugène), 15, avenue Hoche, à Paris.

Nerville (Ferdinand **de**), Ingénieur des Télégraphes, 59, rue de Ponthieu, à Paris. M. P.

Neu (L.), ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur conseil, Professeur d'Électricité pratique à l'*Institut industriel*, 60, rue Brûle-Maison, à Lille (Nord).

Neveux (Joseph-Marie-Victor), Ingénieur, 3, rue Saint-Martin, à Maisons-Laffitte (Seine-et-Oise).

Noblet (L), Inspecteur principal du Service télégraphique à la *Compagnie des chemins de fer de l'Ouest,* 11, rue de Nanterre, à Asnières (Seine). M. F.

Noé (Charles-François), Constructeur d'instruments de Physique, 8, rue Berthollet, à Paris. M. F.

Nothomb (Lucien), Professeur à l'*École de Guerre,* brasserie du domaine de la Soye, à Gérouville (Belgique).

Nouvelle (Georges), Ingénieur civil, 25, rue Brézin, à Paris. M. F.

Obach (Dr Eugène), F. I. C., F. C. S., M. I. E. E., 2, Victoria Road, Old Charlton, Kent (Angleterre). M. F.

O'Keenan (Charles-Édouard), Chef du Laboratoire électrique de la *Compagnie parisienne de l'air comprimé*, 29, boulevard de Versailles, à Montretout, Saint-Cloud (Seine-et-Oise). M. F.

Ouy, Directeur des Postes et des Télégraphes, 25, rue de Loigny, à Orléans (Loiret). M. F.

Paiva (Adrien **de**), Comte de Campo-Bello, Pair de Portugal, Professeur, Membre de l'Académie royale des Sciences de Lisbonne, etc., au château de Campo-Bello, à Gaya, près de Porto (Portugal). M. F. M. P.

Papillon (Dr), Professeur de clinique médicale, 8, rue Montalivet, à Paris. M. F. M. P.

Parent (C.), Ingénieur électricien, 1, rue du Saule-Fleuri, Ile Saint-Denis (Seine). M. F.

Parent (Louis), Architecte, 20, boulevard des Invalides, à Paris.

Parisse (Eugène), Ingénieur des Arts et Manufactures, Conseiller municipal de Paris, Conseiller général de la Seine, 49, rue Fontaine-au-Roi, à Paris. M. F.

Parran (Alphonse), ancien Président de la *Société géologique,* 56, rue des Saints-Pères, à Paris. M. F.

Parsons (Frederick-Jennigs), Ingénieur électricien, Sous-Directeur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston,* 27, rue de Londres, à Paris.

Parville (H. **de**), Publiciste, Ingénieur Conseil, villa des Pins, Parc des Princes, à Boulogne-sur-Seine (Seine). M. F.

Parvillée (Achille), 29, rue Gauthey, à Paris.

Parvillée (Louis), 29, rue Gauthey, à Paris.

Pasquet (Eugène-V.-F.-C.), Constructeur de téléphones, 103, avenue Parmentier, à Paris.

Paszkowski (Henri), Ingénieur, 165, rue de Rome, à Paris.

Patin (Octave), Ingénieur électricien, 3, rue du Château, à Puteaux (Seine). M. F.

Paulin (Charles), Ingénieur à la *Maison Bardon*, 11, rue Van-Loo, à Paris.

Payrard (Eugène), Constructeur électricien, à Grenoble (Isère).

Pellat (Henri), Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Paris, 3, avenue de l'Observatoire, à Paris. M. F.

Pellerin de Lastelle (J.), 81, rue Saint-Lazare, à Paris. M. F.

Pellissier (Georges), 16, rue Singer, à Paris.

Pérard (Alfred), Constructeur mécanicien, 8, place d'Italie, à Paris.

Perdu fils, Constructeur, à Avallon (Yonne). M. F.

Pereire (Gustave), Administrateur des chemins de fer du Nord de l'Espagne, 35, rue du Faubourg-Saint-Honoré, à Paris.

Périn (Louis), Ingénieur chimiste, 2, rue Guichard, à Paris.

Pérot (Alfred), Professeur de Physique industrielle à la Faculté des Sciences de Marseille, 119, boulevard Longchamp, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Pérouse (Denis), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 40, quai de Billy, à Paris. M. F.

Perrin (A), Commis principal, Instructeur à l'École professionnelle supérieure des Postes et des Télégraphes, 62, rue Mademoiselle, à Paris.

Perrin (Paul), Ingénieur, 52, rue Saint-Louis-en-l'Ile, à Paris.

Perrodil (Charles-Marie-Antoine **de**), Ingénieur civil des Arts et Manufactures, Conseil, 16, rue Condorcet, à Paris.

Pescetto (Federico), Commandant du Génie militaire italien, Ingénieur électricien, Professeur à l'École d'application d'Artillerie et du Génie, à Turin (Italie). M. F.

Pesselon (Henri), Ingénieur en retraite de la *Compagnie P.-L.-M.*, Ingénieur de l'État, Chevalier de la Légion d'honneur, 8, rue de la Bibliothèque, à Marseille (Bouches-du-Rhône). M. F.

Petsche (Albert), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur de la *Société lyonnaise des Eaux et de l'Éclairage*, 6, rue Le Peletier, à Paris.

Petit (Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur du Service électrique chez *MM. Schneider et Cie*, 1, boulevard Malesherbes, à Paris.

Petit-Dupont, Industriel, à Cambrai (Nord). M. F. M. P.

Peyrot (F.), 2, rue Chérubini, à Paris. M. F. M. P.

Peyrusson (Édouard), Professeur de Chimie et de Toxicologie à l'École de Médecine et de Pharmacie de Limoges, 7, chemin du Petit-Tour, à Limoges (Haute-Vienne).

Phasmann (Auguste), Conseiller d'arrondissement, à Saint-Mihiel (Meuse).

Piat (Albert), 85, rue Saint-Maur, à Paris. M. F.

Piaux (Louis-Victor), Directeur technique de la *Compagnie française pour la pulvérisation des métaux*, 25, rue des Mathurins, à Paris.

Picard (Alfred), 22, rue Vignon, à Paris. M. F.

Picard (Pierre), 15, rue Montbrun, à Paris. M. F.

Pichery (Lucien), Ingénieur, Propriétaire de l'Ardoisière *La Renaissance,* à Avrillé, par Angers (Maine-et-Loire).

Picou (Gustave), 123, rue de Paris, à Saint-Denis (Seine). M. F.

Picou (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 41, rue Saint-Ferdinand, à Paris M. F.

Pieper (H.), Armurerie mécanique, à Liége (Belgique). M. F.

Pignier (Paul), Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, 20, rue Gérando, à Paris.

Pilleux (Ludovic), Électricien, 79, rue Claude-Bernard, à Paris. M. F.

Piltschikoff (Nicolas), Professeur de Physique à l'Université impériale d'Odessa, à Odessa (Russie). M. P.

Pinel-Peschardière (M.), Contrôleur des Télégraphes de la *Cie Paris-Lyon-Méditerranée,* 10, rue de Lyon, à Paris.

Pirani (Emile), Docteur ès sciences, Ingénieur principal de la *Société alsacienne de constructions mécaniques,* 8 *bis,* rue Alexandre-Lange, à Versailles (Seine-et-Oise).

Place (Henri de), Ingénieur, Directeur de la *Société anonyme des Houillères de Rochebelle,* au château de Rochebelle, à Alais (Gard). M. F.

Planchon (François-Jean), Ingénieur des Arts et Manufactures, 99, rue Caulaincourt, à Paris.

Planté (Ch.), Chef du Service électrique aux Chemins de fer de l'État, villa Rosa, Saint-Palais-sur-Mer, près Royan (Charente-Inférieure).

Poincaré (Lucien), Docteur ès Sciences, Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Paris, 17, rue d'Assas, à Paris.

Poinsot (P.), Directeur, Président, Professeur honoraire de l'*École dentaire de Paris,* Chef du Service dentaire de l'Asile clinique Sainte-Anne, 184, rue de Rivoli, à Paris.

Poirier (Marius), Représentant de la *Société alsacienne de Constructions mécaniques,* 61, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône). M. F.

Polignac (prince Camille de), 24, Charles street Berkeley square, à Londres (Angleterre). M. F. M. P.

Pollak (Charles-François), Directeur de *Accumulatoren-Werke,* système Pollak, 253, Mainzer Lanstrasse, à Francfort s/Mein (Allemagne).

Pollard (Jules), Ingénieur de la Marine, 28, rue Bassano, à Paris.

Polonceau (Gustave-Ernest), Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction de la *Compagnie des chemins de fer d'Orléans,* ancien Président de la *Société des Ingénieurs civils,* 55, rue de Verneuil, à Paris.

Pomey (Jean-Baptiste), Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes, 33, rue de Coulmiers, à Paris.

Ponciano (J.-F.), Ingénieur électricien, Surintendant des Télégraphes de la République de Guatemala, à Guatemala (Amérique centrale).

Porcher-Labreuil (E.), 91, boulevard Arago, à Paris.

Porgès (Charles), Président de la *Compagnie continentale Edison,* 25, rue de Berri, à Paris. M. F.

Porte (L.), 9, rue Ancelle, à Neuilly-sur-Seine (Seine). M. F.

Postel-Vinay (A.), Constructeur électricien, 41, rue des Volontaires, à Paris. M. F.

Potier (A.), Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'École Polytechnique et à l'École des Mines, Membre de l'Institut, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris. M. F.

Potron (Eug.), Fabricant d'appareils d'éclairage, 10, rue Oberkampf, à Paris.

Poulenc (Camille), Docteur ès sciences, 19, rue des Archives, à Paris.

Poussin (Alexandre), 7, rue Henri-Barbet, à Rouen (Seine-Inférieure).

Preece (William-Henry), C. B., F. R. S., M. Inst. C. E., Gothic-Lodge, Wimbledon Surrey (Angleterre). M. F.

Prève (Laurent), 2, rue Dante, à Nice (Alpes-Maritimes). M. F.

Prichard (Charles-Henry), Étudiant au Finsbury Technical College, London, 24, Hazlitt road, West Kensington Park, à Londres, W. (Angleterre).

Proctor (C.-Faraday), M.I. E. E., Ingénieur, Directeur de la fabrication des instruments et appareils électriques à la *Edison and Swan united Electric Light C° Limited,* Bedford Villas, Enfield (Angleterre).

Provensal, Lieutenant de vaisseau, 18, place d'Armes, à Toulon (Var).

Rabut (Charles), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur attaché au Service central de l'entretien et de la surveillance de la *Compagnie des chemins de fer de l'Ouest,* 140, boulevard Raspail, à Paris.

Radcliff (William), Saint-Héliers, Torquay (Angleterre). M. F.

Radiguet, Constructeur-Électricien, 15, boulevard des Filles-du-Calvaire, à Paris. M. F.

Radisson (Raymond), Affineur de métaux précieux, 7, rue de la Préfecture, à Lyon (Rhône). M. F.

Raffard (Nicolas-Jules), Lauréat de l'*Institut et de la Société d'Encouragement,* Ingénieur conseil de la *Maison Bréguet,* 5, avenue d'Orléans, Paris. M. F. M. P.

Raïf-Effendi, Conseiller adjoint technique et Directeur de la Fabrique des Télégraphes, à Constantinople (Turquie).

Rambeaud (René), 4, Grande-Rue, à Parthenay (Deux-Sèvres). M. F.

Ranque (Dr P.), Membre de la *Société française de Physique,* 13, rue Champollion, à Paris. M. F.

Raoul-Duval (Réné), Ingénieur des Mines, 107, rue de la Pompe, à Paris.

Raoux (Léon), Ingénieur, Directeur de la *Société suisse d'Électricité,* à Lausanne (Suisse). M. F.

Rau (Louis), Administrateur délégué de la *Compagnie continentale Edison,* 7, rue Montchanin, à Paris. M. F.

Raveau (Camille), Préparateur à la Sorbonne, Répétiteur à l'*Institut national agronomique,* 5, rue des Écoles, à Paris.

Raymond (L.), Administrateur des Postes et des Télégraphes, 87, boulevard de Courcelles, à Paris.

Rechniewski (W.-C.), Ingénieur, 11, rue Lagrange, à Paris.

Reclus (Pierre-Victor), Horloger électricien constructeur, 114, rue de Turenne, à Paris.

Reichel (Nicolas **de**), Ingénieur technologue, Chef d'Éclairage électrique et d'Usine galvanoplastique dans l'*Expédition impériale pour la confection des papiers de l'État,* 144, quai Fontanka, à Saint-Pétersbourg (Russie).

Reignier (Antoine-Charles), Ingénieur-Conseil de plusieurs usines et manufactures, 152, boulevard Magenta, à Paris.

Rémon (Olivier), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur chez *MM. Schneider et Cie,* 1, boulevard Malesherbes, à Paris.

Remon-Casas (Lucien), Ingénieur de la maison *Hillairet-Huguet*, 15, boulevard de la Madeleine, à Paris.

Rémond (Maurice), Avocat à la Cour de Paris, 11, quai d'Orsay, à Paris.

Renous (Jean), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la Station centrale des *Chartrons-Bacalan*, 99, cours Balguerie-Stuttenberg, à Bordeaux (Gironde).

Réveilhac (Jean), 3, avenue de la République, à Paris.

Revel (Alfred), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'École supérieure d'Électricité, attaché au Service de la traction mécanique de la *Compagnie générale des Omnibus*, 75, avenue Gambetta, à Paris.

Rey (Jean-Alexandre), Ingénieur civil des Mines, 18, avenue de la Bourdonnais, à Paris.

Rey (L.), Ingénieur, 77, boulevard Exelmans, à Paris-Auteuil. M. F. M. P.

Reynier (André), Ingénieur électricien, attaché à la *Compagnie française des Câbles télégraphiques*, 2, rue Hippolyte-Lebas, à Paris.

Rhoné (Jean-Léon), Ingénieur au Service électrique de la *Compagnie de Fives-Lille*, 10, rue du Pré-aux-Clercs, à Paris.

Ribard (Dr Élisée), 3, rue Pergolèse, à Paris.

Ribière (Charles), Ingénieur en chef du Service central des Phares, 13, rue de Siam, à Paris. M. P.

Richard (Félix-Maxime), Ingénieur-Constructeur, 10, rue Théophile-Gautier, à Paris.

Richard (Gustave), Agent général de la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, 44, rue de Rennes, à Paris.

Richard (Jules), Ingénieur-Constructeur, 8, impasse Fessart, à Paris.

Ridel (Adrien-Lucien), Électricien, 6, rue du Paradis, à Lisieux (Calvados).

Rilliet (Albert), Professeur de Physique à l'Université de Genève, 16, rue Bellot, à Genève (Suisse). M. F.

Riollé (Marius), Ingénieur civil, à Romans (Drôme). M. F.

Ritter (Gaston), Électricien, 7, rue Lamandé, à Paris.

Riva (Benito **de la**), Ingénieur électricien, Chef de la *Station centrale d'Électricité de la ville d'Hasparren*, à Hasparren (Basses-Pyrénées).

Robard (René), Ingénieur, Directeur commercial de la Société *l'Éclairage électrique*, 25, rue de Moscou, à Paris.

Robert (Alexandre-Charlemagne), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef des Services techniques de la *Société française pour la construction des Accumulateurs électriques*, 38, rue Saint-Sulpice, à Paris.

Rodary (Ferdinand), Ingénieur civil des Mines, Sous-Inspecteur du Service télégraphique *au Chemin de fer P.-L.-M.*, 53, rue de Vaugirard, à Paris. M. F. M. P.

Rodocanachi (Emmanuel), 54, rue de Lisbonne, à Paris. M. F. M. P.

Roger (Joseph), Chef d'Institution, 7, rue Faustin-Hélie, à Paris. M. F.

Rolando (G.-P.), Électricien, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 19, rue de l'Étrieu, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Romilly (**de**), ancien Président de la *Société française de Physique*, 25, avenue de Montaigne, à Paris. M. P.

Rothschild (baron Alphonse **de**), 2, rue Saint-Florentin, à Paris. M. F. M. P.

Rothschild (baron Edmond **de**), 21, rue Laffitte, à Paris. M. F. M. P.

Rothschild (baron Gustave **de**), 23, avenue Marigny, à Paris. M. F. M. P.

Rouart (Alexis), Constructeur mécanicien, 36, rue de Lisbonne, à Paris. M. F.

Rouma (Auguste), Ingénieur de la *Maison Leclanché et Cie*, 13, cité Lemercier, à Paris.

Rousseau (E.), Professeur à l'Université libre et à l'École militaire, à Bruxelles (Belgique). M. F.

Rousseau (Ollivier), Directeur de la *Société pour les applications de l'électricité,* 25, rue Pierre-Charron, à Paris.

Roussel (Maurice-Charles), Ingénieur civil, attaché à la *Société industrielle des Téléphones* (Service de la pose des Câbles sous-marins), 6, rue de Tocqueville, à Paris.

Roustan (Bienvenu), Ingénieur, Directeur de la Station électrique de Perpignan, 4, cité Bartissol, à Perpignan (Pyrénées-Orientales).

Routin (Joseph-Louis), Ingénieur, Ancien élève de l'École Polytechnique, Ingénieur à la *Société lyonnaise des forces motrices du Rhône,* expert près le Tribunal de Lyon, 37, rue de la République, à Lyon (Rhône).

Roux (Gaston), Directeur du *Bureau de contrôle des installations électriques,* 51, rue de Dunkerque, à Paris.

Ruelle (Adrien-Jules-Victor), Ingénieur civil des Mines, Sous-Inspecteur de l'Exploitation de la *Compagnie du chemin de fer P.-L.-M.*, 20, boulevard Diderot, à Paris.

Rufz de Lavison (de), 42, boulevard Maillot, à Neuilly-sur-Seine (Seine). M. P.

Sabine (Alfred), Secrétaire général de la *Société Siemens and C^{o}*, 12, Queen-Anne's gate, London S. W. (Angleterre).

Sabourain (J.-A.), Inspecteur des Télégraphes, Secrétaire du Comité d'Administration de la *Société internationale des Électriciens,* 42 *bis,* rue du Four, à Paris. M. F.

Sabouret, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur principal de la Voie et des Travaux à la *Compagnie du chemin de fer d'Orléans,* 132, rue de Rennes, à Paris.

Sacquet (Edmond), Ingénieur électricien de la *Maison Sautter, Harlé et Cie,* 15, rue Singer, à Paris.

Sageret (Jules), Ingénieur des Arts et Manufactures, 44, boulevard des Invalides, à Paris.

Saint-Léger (Jean-Maurice **de**), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur délégué de la *Compagnie des Eaux et du Gaz* de Rostoff-sur-Don (Russie), 18, rue Marbeuf, à Paris.

Saladin (E.), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur conseil, Junction City, Trinity county (California). M. F.

Salomons (Sir David), M. A. Broomhill, Tunbrige Wells (Angleterre).

Salva (Dr Louis), à Agde (Hérault). M. F.

Santelli (Ernest), Ingénieur civil des Mines, Superintendant des Mines d'or *Victory Gold Mining and C^{o},* Broard street avenue, à Londres (Angleterre). M. F.

Sarcia (Jules), Ingénieur à la *Compagnie générale de traction et d'électricité,* 72, rue de Paris, à Enghien (Seine-et-Oise).

Sartiaux (Albert), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Chef de l'Exploitation à la *Compagnie des chemins de fer du Nord,* 40, boulevard de Courcelles, à Paris.

Sartiaux (Eugène), Ingénieur, Chef des Services électriques au *Chemin de fer du Nord,* Président de l'*Association amicale des Ingénieurs-Électriciens,* Vice-Président du *Syndicat professionnel des Industries électriques,* 48, rue de Dunkerque, à Paris. M. F.

Sautter (Gaston), Ingénieur constructeur, 26, avenue de Suffren, à Paris.

Savary-Duclos (Xavier), Docteur en Médecine, à Alençon (Orne). M. F.

Savatier (Lucien), Ingénieur des *Forges et Chantiers de la Méditerranée,* Ingénieur des Arts et Manufactures, à La Seyne (Var).

Schabaver (François), Constructeur mécanicien, Chevalier de la Légion d'honneur, à Castres (Tarn). M. F.

Scheffler (André), Électricien, 58, quai Vendeuvre, à Caen (Calvados).

Schneider (H.), au Creusot (Saône-et-Loire). M. F.

Schœn (Jean-Auguste), Ingénieur, 22, rue Margnolles, à Caluire-et-Cuire (Rhône).

Schœnstein (Ignace), Ingénieur, 44, rue de La Bruyère, à Paris.

Schwedoff (Théodore), Recteur de l'Université d'Odessa, à Odessa (Russie).

Schwarberg (Eugène-Gustave), Directeur de la *Compagnie Électro-Mécanique,* 12, avenue Trudaine, à Paris.

Sciama (Gaston), Directeur de la *Maison Bréguet,* 19, rue Didot, à Paris. M. F.

Scrive (Gustave), 90, rue Royale, à Lille (Nord). M. F.

Sebert (le Général H.), Membre de l'Institut, Administrateur de la *Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée,* 14, rue Brémontier, à Paris. M. F. M. P.

Seguela (Raymond), 23, rue de Maubeuge, à Paris. M. F.

Séguin (Léon), Directeur de la *Société d'Éclairage par le Gaz et par l'Électricité,* au Mans (Sarthe).

Seiler (Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, 17, rue Martel, à Paris.

Selby-Bigge (Davis-Lewis), Ingénieur électricien, 27, Grey Street, à Newcastle-on-Tyne (Angleterre).

Seligmann-Lui (G.-P.), Ingénieur des Télégraphes, 6, rue Daubigny, à Paris. M. F. M. P.

Sellier (Léon), Capitaine de frégate, impasse Bellevue, à Mourillon (Var). M. F. M. P.

Sellon (John, Scudamore), 78, Hatton garden, London E. C. (Angleterre). M. F. M. P.

Semmola (Eugène), Sous-Directeur de l'observatoire du Vésuve, Professeur de Physique à l'*Institut technique de Naples,* 6, rue Trinita Maggiore, à Naples (Italie).

Senet (Eugène-Étienne), Chimiste négociant, 24, rue Louis-le-Grand, à Paris.

Serrell (Ed.), à Chabeuil (Drôme).

Serrin (Henri-Georges-Charles), Ingénieur-électricien, 13, boulevard du Temple, à Paris.

Seure (Dr Jules-Nicolas), 4, rue Saint-Louis, à Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise). M. F.

Simon (P.), Ingénieur, 14, rue Dailly, à Saint-Cloud (Seine-et-Oise).

Simonet (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur du bureau de vente auxiliaire pour les applications de l'Électricité, 9, rue du Château-d'Eau, à Paris.

Simpson (Geo. P.), B.-ès S., Électricien, M. I. E. E., Managing Director the *Doherty Iron Castings Limited Co*, 32, Victoria street, Westminster, London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.

Sir (René), Ingénieur électricien, 17, boulevard de Strasbourg, à Toulouse (Haute-Garonne).

Siry (Étienne), Administrateur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston,* 31, rue Claude-Vellefaux, à Paris.

Snijders (J.-A.), C. J. Zn., Professeur d'Électrotechnique à l'École Polytechnique de Delft, 65, Voorstraat, à Delft (Pays-Bas).

Société anonyme des Manufactures des glaces et produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey, Direction générale des Glaceries, 9, rue Sainte-Cécile, à Paris.

Société centrale d'Électricité (Pulsford, Triquet et Cie), 10, rue Taitbout, à Paris.

Société l'Éclairage électrique, 53 *bis*, rue de Châteaudun, à Paris.

Soleau (Eugène), fabricant de Bronzes d'art, Vice-Président de la *Réunion des Fabricants de Bronzes*, 127, rue de Turenne, à Paris.

Solignac, 28, rue Saint-Lazare, à Paris.

Solvay (Ernest), Industriel, 34, rue du Prince-Royal, à Bruxelles (Belgique). M. F.

Solvay et Cie, à Dombasle-sur-Meurthe (Meurthe-et-Moselle). M. F.

Somzée (Léon), Ingénieur honoraire des Mines, Membre de la Chambre des Représentants, 22, rue des Palais, à Bruxelles (Belgique).

Sordoillet (Pierre), Ingénieur à la *Société l'Éclairage électrique*, 9, rue Edgar-Quinet, à Montrouge (Seine).

Sosnowski (K.), Ingénieur civil, Administrateur-Directeur de la *Société de Laval*, 13, rue Clément-Marot, à Paris.

Souchier (F.), Électricien de la *Société d'électricité Souchier et Cie*, 4, rue des Récollettes, à Marseille (Bouches-du-Rhône). M. F.

Stahl (J.), Ingénieur attaché aux *établissements Lazare Weiller et Cie*, à Angoulême (Charente). M. F.

Stahl (Paul-Théodore-Waldemar), Ingénieur aux *Usines du Creusot*, au Creusot (Saône-et-Loire).

Stapfer (D.), Ingénieur E. C., Constructeur de machines, boulevard de la Major, à Marseille-Joliette (Bouches-du-Rhône). M. F. M. P.

Stepanow (Serge), Rédacteur en chef de l'*Électricité russe*, 4, rue Nicolawskaïa, à Saint-Pétersbourg (Russie). M. F.

Stone (W.-H.), Foreign Secretary, Department of Communications, à Tokio (Japon). M. F.

Street (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Arbitre rapporteur près le Tribunal de Commerce de la Seine, Expert près le Conseil de préfecture du département de la Seine, Expert près la Cour d'appel de Paris, 60, boulevard Haussmann, à Paris.

Stroh (A.), B. A., 98, Haverstock Hill, London, N. (Angleterre). M. F.

Szarvady (Géza), Ingénieur des Arts et Manufactures, 21, rue du Mont-Thabor, à Paris.

Taboury (Pierre-Alfred), Ingénieur électricien, ancien Chef des travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 10, rue Ernest-Renan, à Paris.

Tachard (André-Pierre), Représentant à Paris du Service électrique de la *Société alsacienne de constructions mécaniques*, 7, rue Drouot, à Paris.

Taddei (Girolamo), Ingénieur électricien, 159, Quattro Fontane, à Rome (Italie).

Tainturier (Camille), Ingénieur des Arts et Manufactures, 140, rue de Belleville, à Paris.

Tanner (Auguste-Martin), Chef du Bureau des Brevets de la *General Electric C^o*, 27, rue de Londres, à Paris.

Tardy de Montravel (Félix-Joachim), Ingénieur, Directeur de la *Compagnie d'électricité et d'air comprimé*, impasse du Jeu-de-Ballon, à Montpellier (Hérault).

Tartary (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Secrétaire général de la *Compagnie française des Voies ferrées économiques*, 3, rue Lafayette, à Paris.

Tassart (Charles-Louis), Directeur de la *Raffinerie Paul Paix et Cie*, à Courchelettes, près Douai (Nord).

Tcholitch (Stefan), Ingénieur au Ministère des Travaux publics de Serbie, ancien Élève de l'École des Ponts et Chaussées, à Belgrade (Serbie).

Tedesco (N. de), Ingénieur de la *Société des Ciments Armés*, 60, rue de la Victoire, à Paris. M. F.

Tenicheff (Prince), 52, rue de Bassano, à Paris.

Terquem (Émile), Libraire, Commissionnaire pour publications américaines et anglaises, 31 *bis*, boulevard Haussmann, à Paris. M. F.

Tesla (Nikola), Ingénieur électricien, hotel Gerbach, 45 W, 27 Street, à New-York (États-Unis).

Tessier (Jules), Directeur des usines de la *Société industrielle des Téléphones*, 25, rue du Quatre-Septembre, à Paris. M. F.

Thenard (le baron), Chimiste électricien, 6, place Saint-Sulpice, à Paris.

Théodoru (D.-N.), Ingénieur, Chef du Bureau spécial aux Chemins de fer roumains, 26, Calea Dorobantilor, à Bucarest (Roumanie).

Thévenard (Auguste), Ingénieur à la *Compagnie continentale Edison*, chargé de la direction de l'Usine centrale du Palais-Royal, 1, rue de Valois, à Paris. M. F.

Thibaudeau (Paul-Marie-Joseph), Chef de la canalisation du secteur, *Compagnie continentale Edison*, 26, rue Rodier, à Paris.

Thiercelin (Pierre), Directeur du *Journal du Gaz et de l'Électricité*, 15, rue Pasquier, à Paris. M. F.

Thiriou (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, 95, boulevard Beaumarchais, à Paris.

Thomas (Hippolyte), Ingénieur des Télégraphes, 39, rue Saint-Placide, à Paris.

Thompson (Professor Sylvanus-P.), F. R. A. S.; B. A.; Morland Chrislett Road West Hampstead, London. N. W. (Angleterre).

Thomson (Elihu), Electrician with *general Electric and Thomson Houston Electric C°*, à Swampscott, Mass. (États-Unis).

Thouroude (Eugène), Inspecteur des Domaines nationaux, 10, rue Bastiat, à Paris. M. F.

Thurnauer (Ernst), Ingénieur, Directeur de la *Thomson Houston international Electric C°*, 27, rue de Londres, à Paris.

Thurneyssen (E.), Ex-Secrétaire de la Direction de l'Exploitation de l'*Exposition universelle de* 1889, 10, rue de Tilsitt, à Paris.

Tillot (Maurice), Ingénieur, 60, rue du Four, à Paris.

Tison (Dr Édouard), 137, rue de Rennes, à Paris. M. F.

Tissandier (Gaston), 50, rue de Châteaudun, à Paris. M. F.

Tobler (Adolphe), Professeur à l'École Polytechnique suisse, Capitaine d'artillerie, Chef électricien des forts du Gothard, Winkerlwiese, 4, à Zurich (Suisse).

Tonnart (André-Joseph), Directeur des ateliers de la *Société Le Carbone*, 69, rue de Courcelles, à Levallois-Perret (Seine).

Touanne (**de la**), Ingénieur des Télégraphes, 8, rue de Tournon, à Paris. M. P.

Toulon (Paul-Donat), Ingénieur des Ponts et Chaussées, attaché à la *Compagnie des chemins de fer de l'Ouest*, 36, avenue du Maine, à Paris.

Toupot (l'abbé J.-E.), Professeur, École Fénelon, à Bar-le-Duc (Meuse).

Trépied (Charles), Directeur de l'Observatoire, à Bouzaréa (Algérie). M. F.

Tresca (Gustave), Ingénieur-adjoint au Conservatoire national des Arts et Métiers, 292, rue Saint-Martin, à Paris.

Tripier (Dr A.), 41, rue Cambon, à Paris. M. F.

Troost (L.), Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne, 84, rue Bonaparte, à Paris. M. F.

Trouvé (Gustave), Ingénieur électricien, 14, rue Vivienne, à Paris. M. F.

Tuck (William), District superintendent *Eastern Telegraph C°,* à Suez (Égypte). M. F.

Tugot (Jules), Fabricant de couleurs et vernis, 14, rue de la Perle, à Paris.

Tunzelmann (George-Villiam de), Principal Electric and general Engineering College, 2, Pennywern Road, Earls Court, London S. W. (Angleterre).

Turrettini (Théodore), Ingénieur, Président du Conseil administratif de la ville de Genève, Directeur de la *Société genevoise pour la construction d'instruments de Physique,* à Genève (Suisse).

Ullmann (Jacques), Constructeur électricien, 16, boulevard Saint-Denis, à Paris.

Urech (Henri), 24, quai de la Fontanka, à Saint-Pétersbourg (Russie).

Uzel (Pierre), Électricien, *Maison Sautter, Harlé et Cie,* 39, rue Vital, à Paris.

Vagniez (Bénoni), 14, rue Lemercier, à Amiens (Somme). M. F. M. P

Vaillant fils (A.), Concessionnaire et Directeur de la *Station d'électricité de Barjols,* à Barjols (Var).

Vallance (Théophile), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, rue Chevalier, à Châlons-sur-Marne (Marne). M. F.

Vaschy (A.), Ingénieur des Télégraphes, Examinateur d'admission à l'École Polytechnique, 68, avenue Bosquet, à Paris. M. P.

Vasconcellos (E. de), Ingénieur hydrographe, 22, rue Santa-Anna-à-Lapa, à Lisbonne (Portugal). M. F.

Vasesco (Démètre), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité,* 60, rue de Provence, à Paris.

Vaucheret (Amédée), Ingénieur des Arts et Manufactures, 8, rue Stanislas, à Paris.

Vedovelli (Edouard), Ingénieur-Constructeur, 44 et 44, avenue Philippe-Auguste, à Paris.

Vène (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens,* 17, rue Henri IV, à Bordeaux (Gironde).

Verdoux (J.), Négociant, 482, Grande Rue de Péra, à Constantinople (Turquie).

Vernes (Amédée), Ingénieur, 61, rue Caumartin, à Paris.

Vernier (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur électricien, *Maison L. Beutier et Ch. Vernier,* 37, rue Sedaine, à Paris.

Véry (Hector), Ingénieur, 40, boulevard de Strasbourg, à Paris.

Vial (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur des mines de Mercadal, par Torrelavega, province de Santander (Espagne). M. F. M. P.

Vial (Jules), Ingénieur, E. C. P., Constructeur d'instruments d'Optique, 55, rue de Chabrol, à Paris. M. F.

Victor (Emmanuel), Ingénieur électricien, Chef du service électrique à l'Usine à gaz de Reims (Marne). M. F.

Viégas (Dr Antonio dos Santos), à Coïmbra (Portugal). M. F.

Vigneron (Eugène-Jules), ancien Professeur à l'*École supérieure d'Électricité,* Ingénieur à la *Compagnie générale des Omnibus,* 7, rue Lagrange, à Paris.

Vigouroux (Dr Romain), Directeur de l'Institut municipal d'Électrothérapie à la Salpêtrière, 22, rue Notre-Dame-de-Lorette, à Paris. M. F.

Villard (Th.), Président de la *Société centrale du travail professionnel,* 138, boulevard Malesherbes, à Paris.

Vincens (Ernest), Ingénieur civil des Mines, 29, rue des Écuries-d'Artois, à Paris.

Violet (Léon), Ingénieur, Directeur des ateliers de la *Maison J. Carpentier,* Trésorier de la *Société internationale des Électriciens,* 20, rue Delambre, à Paris. M. F.

Violle (J.), Membre de l'Institut, Maître de Conférences à l'École Normale, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris. M. F.

Vivarez (Henry), Ingénieur civil des Mines, 12, rue de Berne, à Paris. M. F.

Vives (Dr Guillermo), Médecin-Oculiste, à Ponce (Ile de Porto-Rico). M. F.

Vivès-y-Navaro (Dr Carlos), Rambla de Cataluña, 27 *bis* 3°, à Barcelone (Espagne). M. P.

Vlassis (Léonidas), Inspecteur des Travaux publics, 15, rue Voulgari, à Athènes (Grèce).

Vlasto (Ernest), Administrateur de la *Société industrielle des Téléphones,* 7, rue Lamennais, à Paris.

Vloten (Frank van), Ingénieur, à Grœnweld, près de Nunspeet (Pays-Bas). M. P.

Voisenat (Jules), Ingénieur des Télégraphes, 74, boulevard du Montparnasse, à Paris.

Vuilleumier (C.), Ingénieur électricien, 111, rue de la Folie-Méricourt, à Paris.

Walckenaer (Charles), Ingénieur des Mines, 218, boulevard Saint-Germain, à Paris.

Wallut (Raymond), 217, rue Lafayette, à Paris.

Waridel (Paul), Ingénieur électricien, aux Chemins de fer orientaux, à Constantinople (Turquie).

Weaver (W.-D.), Ingénieur électricien, 7, West, 26 street, à New-York (U.S.A.).

Webber (le Major-Général C.-E.), C. B., Consulting and Electrical Engineer, 27, Chancery Lane, à London W. C. (Angleterre). M. F.

Weber (Dr H.-F.), Professeur, à Neumünster (Suisse). M. F.

Weill (Horace), Ingénieur des Ponts et Chaussées, 58 *bis,* rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris.

Weiller (Lazare), Ingénieur manufacturier, 40, rue de Monceau, à Paris. M. F.

Weissenbruch (L.), Ingénieur au Ministère des Chemins de fer, 45, rue du Poinçon, à Bruxelles (Belgique). M. F.

Wélitchko (Filadelphe), Président de la 6e section (Électrotechnique) de la *Société impériale technique russe,* Lieutenant-général de l'État-Major, à Saint-Pétersbourg (Russie). M. P.

Wibratte (H.-D.), Ingénieur électricien, Constructeur, 45, rue des Tourneurs, à Toulouse (Haute-Garonne). M. F.

Wiedemann (Dr G.), Professeur de l'Université, à Leipzig (Allemagne). M. F.

Williot (Victor), Chef du Service technique à la Direction des Travaux de Paris, 56, rue de la Fédération, à Montreuil-sous-Bois (Seine). M. F.

Willot, Inspecteur des Postes et des Télégraphes, boulevard Brune, à Paris. M. F.

Winter (G.-K.), F. R. A. S., M. Inst. C. E., M. I. E. E., Telegraph Engineer and Electrician Madras Railway, à Arkonum, près Madras (Indes orientales). M. F. M. P.

Worms (Eugène), Électricien, 56, rue de la Victoire, à Paris.

Worms (Henri-Jean-Jacques), Ingénieur des Arts et Manufactures, à la *Société Le Carbone*, 12, rue de Lorraine, à Levallois-Perret (Seine).

Worth (Fredrick-G.), Whitehall Club, Parliament street, London S. W. (Angleterre).

Wuilleumier (Henri), Ingénieur, 22 *bis*, rue Chaptal, à Paris.

Xifra (Narciso), Ingénieur électricien, à Gérona (Espagne). M. P.

Zenger (Ch.-V.), Membre de l'Académie des Sciences de l'Empereur François-Joseph I. Professeur à l'École Polytechnique slave, rue du Belvédère 18, III, à Prague (Autriche). M. F.

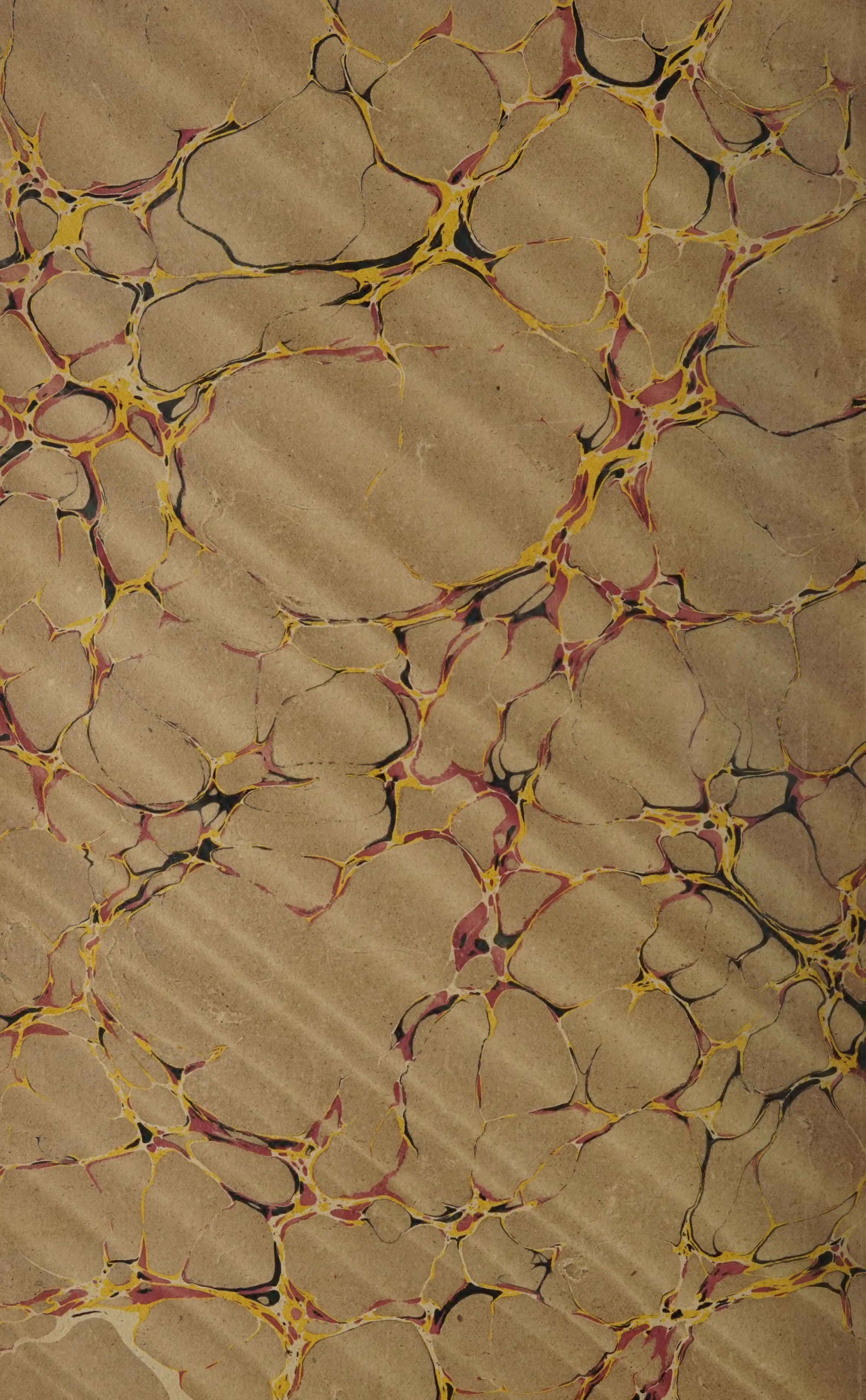
Zetter (Charles), Ingénieur, Directeur de la *Compagnie française d'Appareillage électrique*, 7 *bis*, boulevard Rochechouart, à Paris.

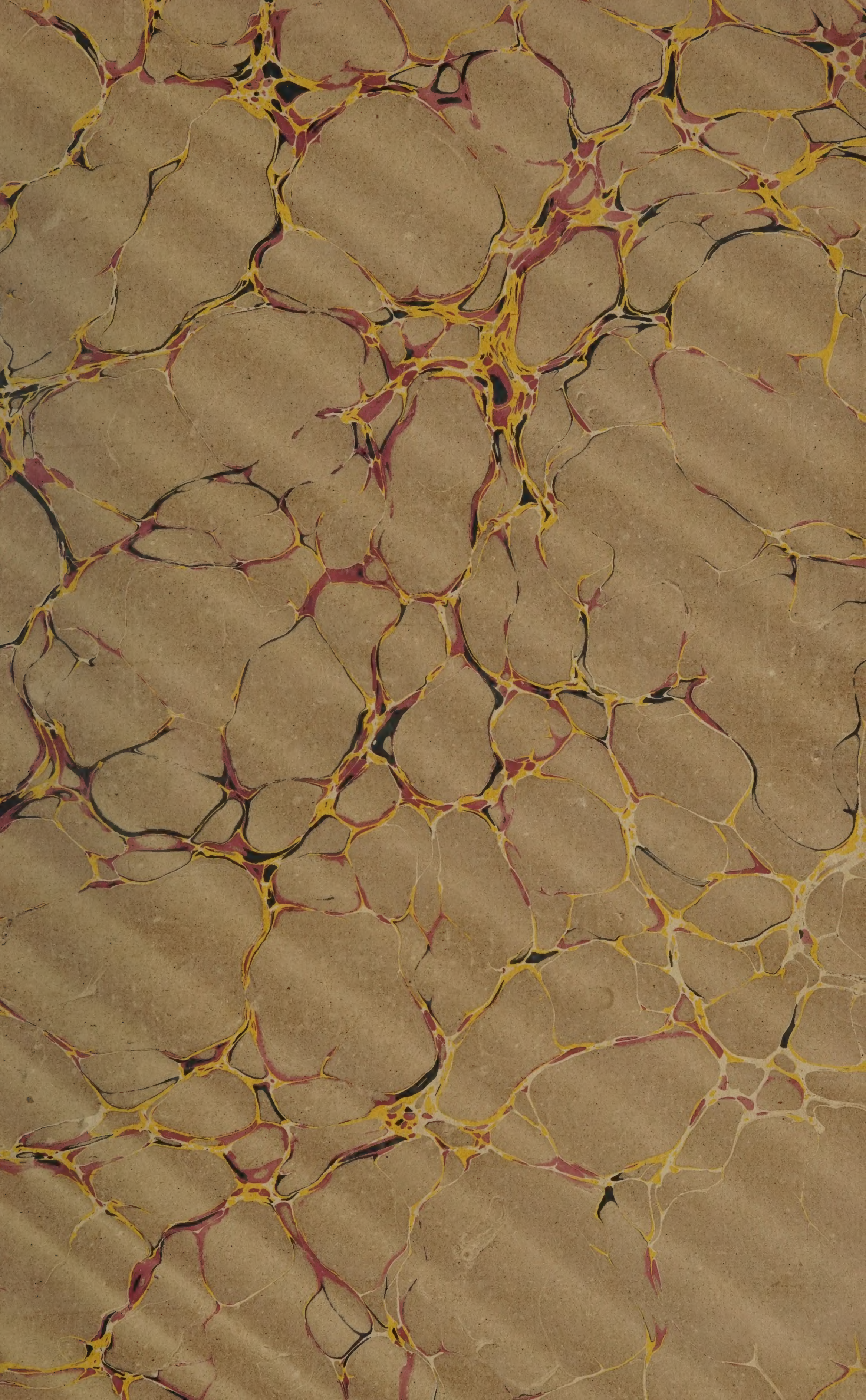
Ziffer (Emanuel-A.), Ingénieur civil, Président des *Chemins de fer Lemberg-Czernowitz-Jassy* et des *Chemins de fer Lemberg-Betzée* (Tomaszo'w) I Giselastrasse, 9, à Wien (Autriche).

Zweifel (Gaspard), Ingénieur électricien à la *Société alsacienne de constructions mécaniques*, à Belfort (territoire de Belfort).

25319 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

Le Gérant : GAUTHIER-VILLARS.






UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 059496684